



# Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud  
Departamento de Enfermería y Fisioterapia

## **TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN FISIOTERAPIA**

“Efecto de la Movilización Neuromeníngea en la influencia de la fatigabilidad y daño muscular inducido por el ejercicio en jóvenes deportistas de alto rendimiento: estudio piloto”.

**Alumno:** Miguel Sobrino Senovilla

**Tutor:** Dr. Pedro de la Villa Polo, Catedrático de Fisiología

Alcalá de Henares, Junio de 2015



# Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud  
Departamento de Enfermería y Fisioterapia

## TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN FISIOTERAPIA

“Efecto de la Movilización Neuromeníngea en la influencia de la fatigabilidad y daño muscular inducido por el ejercicio en jóvenes deportistas de alto rendimiento: estudio piloto.”

**Alumno:** Miguel Sobrino Senovilla

**Tutor:** Dr. Pedro de la Villa Polo, Catedrático de Fisiología

Firma del autor:

VºBº del Tutor:

Alcalá de Henares, Junio de 2015

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer al profesor Pedro de la Villa su entusiasmo y dedicación en el arte de la enseñanza e investigación, poder compartir esta experiencia con él ha sido apasionante, haciendo del trabajo un juego, de la investigación un privilegio.

A mi abuelo, continuamente acompañándome y guiándome en todo lo que haga. Por enseñarme el valor de una mente despierta, inquieta y curiosa.

A mi padre por demostrarme con el ejemplo la constancia en el trabajo, la perseverancia y la determinación. A mi madre por demostrarme la fortaleza con el ejemplo del enfrentamiento, la lucha y la victoria que le hizo invencible.

A mi hermana por su ilusión y carácter necesario en los momentos necesarios.

A Ana, mi compañera de días, de momentos, de experiencias. Por seguir escribiendo capítulo tras capítulo.

A Beatriz, Isabel, Nieves, Belén y Sonia, por su amor a la Fisioterapia, por su entera disposición, “por sacar lo mejor de cada uno en cada momento”.

A todo el Inter Movistar F.S, a cada uno de los jugadores que hicieron este trabajo posible y en especial a Raúl, por su inconformismo como ley para mejorar, por su confianza desinteresada, por la etapa que recorreremos juntos.

GRACIAS.

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** El Fútbol-Sala se caracteriza por su alta demanda fisiológica. Esto se ve acrecentado en el deporte de élite, donde al ritmo inherente de la competición, le acompaña el componente psicológico del jugador. El alto nivel de exigencia en su conjunto, puede desembocar en una disminución del rendimiento deportivo, detrimento de las capacidades físicas y con ello condicionar la aparición de la lesión deportiva. Como medida en busca de mantener el rendimiento y evitar la lesión se han utilizado multitud de estrategias de recuperación en los deportistas, sin embargo la falta de consenso y falta de evidencia de su eficacia con resultados dispares, hacen necesaria la atención de la comunidad científica para buscar estrategias eficaces de recuperación permitiendo así el buen desempeño deportivo, disminución del riesgo lesional y ayudar a la consecución del éxito en las competiciones deportivas.

**OBJETIVOS:** El objetivo del presente estudio fue evaluar la Movilización Neuromeningea como posible método o estrategia de recuperación de las variables de fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio físico desde la fisioterapia.

**SUJETOS Y METODOLOGÍA:** Consiste en un estudio piloto experimental en el que participaron 11 jugadores profesionales de Fútbol-Sala entre los 17 y 19 años. De forma aleatoria, se dividieron en dos grupos. Tras el test de fatiga/daño muscular, un grupo (GC) recibió como estrategia de recuperación estiramientos pasivos analíticos del recto femoral de la pierna dominante, mientras que al otro grupo (GI), además de los estiramientos, recibieron Movilización Neuromeningea del nervio femoral de la pierna dominante. Las variables evaluadas para establecer posibles cambios entre los grupos fueron: contracción isométrica máxima voluntaria, dolor, rango de movimiento libre de dolor, volumen muscular y actividad eléctrica muscular. Además se realizaron los test de funcionalidad: Vertical Jump, One leg Hop Y Sprints repetidos.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN:** El presente estudio sugiere que la estrategia de recuperación post-ejercicio constituida por estiramientos pasivos analíticos y Movilización Neuromeningea no genera resultados significativamente diferentes a los cambios observados con la estrategia de recuperación únicamente formada por estiramientos pasivos analíticos en las variables principales, secundarias y funcionales de fatiga y daño muscular inducido tras el ejercicio físico. Se sugieren futuras líneas de investigación sobre la Movilización Neuromeningea en este contexto con un mayor tamaño muestral y más prolongados en el tiempo.

**CONCLUSIONES:** A pesar de los resultados observados, no fue posible determinar cambios significativos que apoyen el uso de la Movilización Neuromeningea como estrategia de recuperación tras el ejercicio físico de alta intensidad.

**Palabras claves:** Fútbol-sala, deportistas jóvenes de élite, fatiga, daño muscular, DOMS, sobreentrenamiento, rendimiento, prevención, lesión, movilización neuromeningea.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The futsal is characterised by its high physiological demand. This is increased in elite sport, where the attached rhythm of the competition is accompanying by the physiological component of the player. The high level of demand could result in a detriment of the physical ability and, with it, condition the appearing of a sport injury. As measure in the pursuit of maintain the performance and avoid the injury, dozens of recovery strategies have been used in sportsmen, however the shortage of evidence of its effectiveness with mixed results, make necessary the attention of the scientific community to look effective strategies for the recovery, allowing in this way the good sports performance, the reduction of the injury risk and help to the achievement of the success in sports competitions.

**OBJECTIVES:** The objective of the present study was evaluate the Neurodynamic Mobilization as possible method or strategy to the recovery of fatigue variables and muscle damage induced by the physical exercise in sports, from the point of view of physiotherapy.

**SUBJECTS AND METHODOLOGY:** Consists in an experimental study in which participated eleven professional players of futsal between 17 and 19 years old. In a random way, they divided in two groups. After the fatigue/muscular damage test, a group (GC) received as recovery strategy passive analytical stretching of the rectus femoris of the dominant leg. Meanwhile, the other group (GI), in addition to the stretching, received Neurodynamic Mobilization of the femoral nerve of the dominant leg. The evaluated variables for stablish possible changes between the groups were: maximum voluntary isometric contraction, pain, painless range of motion, muscular volume and electric muscular activity. Besides, functionality tests were fulfilled: vertical jump, one leg hop and repeated sprints.

**RESULTS AND DISCUSSION:** The present study suggests that the strategy of recovery after exercise composed by passive analytical stretching and Neurodynamic Mobilization does not generate significantly different results from the obtained with the recovery strategy just formed by passive analytical stretching in main and supporting variables, and functional fatigue and muscular damage variables after the physical exercise. In this context, future ways of investigation are suggested about the Neurodynamic Mobilization with a larger sample size and more prolonged in time.

**CONCLUSSIONS:** Even the observed results, it cannot be possible determine significant changes that support the use of the Neurodynamic Mobilization as recovery strategy after the high intensity physical exercise.

**Keywords:** Indoor soccer, elite young athlete, fatigue, muscle damage, DOMS, overtraining, performance, prevention, injury, Neurodynamic Mobilization.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ENCUADRE HISTÓRICO-CULTURAL DEL FÚTBOL-SALA.....	1
1.2	DEMANDAS FISIOLÓGICAS EN EL FÚTBOL-SALA DE COMPETICIÓN. ....	2
1.3	CARACTERÍSTICAS Y DESEMPEÑO ANAERÓBICO Y AERÓBICO. ....	4
1.4	LESIONES EN EL FÚTBOL-SALA. ....	5
1.5	INCIDENCIA LESIONAL EN EL FÚTBOL-SALA.....	6
1.6	EVENTO FISIOLÓGICO DE LA FATIGA. ....	9
1.6.1	Concepto de fatiga y clasificación.....	9
1.6.2	Sensación de fatiga-sensación de esfuerzo. ....	10
1.6.3	Mecanismos causales.....	11
1.6.4	Factores condicionantes o predisponentes. ....	20
1.6.5	Repercusión funcional de la fatiga.....	23
1.7	DOLOR MUSCULAR TARDÍO Y EJERCICIO EXCÉNTRICO.....	24
1.7.1	Repercusión funcional del DOMS. ....	27
1.7.2	Prevención y tratamiento del DOMS. ....	29
1.8	EL ENTRENAMIENTO.....	30
1.8.1	Características del entrenamiento.....	30
1.8.2	Sobreentrenamiento.....	33
1.9	ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN FUNCIONAL.....	34
1.9.1	Componente psicológico en el proceso de recuperación.....	34
1.9.2	Diferentes estrategias de recuperación empleadas en el Fútbol-Sala. ..	34
1.9.3	Evidencia sobre diferentes estrategias de recuperación post-ejercicio. ....	36
1.9.4	Un enfoque diferente: Técnicas Neurodinámicas.....	37
2.	HIPÓTESIS DE ESTUDIO.....	44
3.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS. ....	45
4.	METODOLOGÍA.....	47
4.1	DISEÑO DEL ESTUDIO Y SUJETOS. ....	47
4.2	RECURSOS MATERIALES.....	48
4.2.1	Electromiografía.....	48
4.2.2	Dinamómetro.....	49
4.2.3	Algómetro de presión. ....	49

4.2.4	Escala Visual Analógica.....	50
4.2.5	Pulsómetro.....	50
4.2.6	Goniómetro.....	51
4.2.7	Cinta métrica para perímetros.....	51
4.2.8	Termómetro ambiental.....	51
4.3	PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO.....	52
4.3.1	Variables registradas.....	55
4.3.2	Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala.....	66
4.3.3	Técnicas de intervención post-ejercicio.....	71
4.3.4	Análisis Estadístico.....	74
5.	RESULTADOS.....	75
5.1	RESULTADOS DE LAS VARIABLES PRINCIPALES, SECUNDARIAS Y FUNCIONALES.....	77
5.1.1	Variables principales.....	77
5.1.2	Variables secundarias.....	83
5.1.3	Variables de funcionalidad.....	89
5.2	RESULTADOS EN EL CUESTIONARIO DE ESTADO MENTAL - MOTIVACIONAL.....	94
5.3	RESULTADOS EN LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO.....	95
5.4	CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL.....	98
6.	DISCUSIÓN.....	99
7.	CONCLUSIONES.....	112
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	113
9.	ANEXOS.....	121
9.1	ANEXO 1: PROTOCOLO PARA SUJETOS.....	121
9.2	ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	124
9.3	ANEXO 3: CUESTIONARIO PARA LOS PARTICIPANTES.....	125
9.4	ANEXO 4: CUADERNO DE RECOGIDA DE DATOS.....	127
9.5	ANEXO 5: Cuestionario POMS-SF. Andrade et al. 2013.....	129
9.6	ANEXO 6: Escala CR-10. Modificación de Foster.....	130

# ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.

**FIFA:** Asociación Federativa Internacional de Fútbol.

**M:** Metros.

**S:** Segundos.

**Min:** Minutos.

**FC:** Frecuencia Cardíaca.

**FC<sub>máx</sub>:** Frecuencia Cardíaca Máxima.

**VCO<sub>2</sub>:** Consumo de Oxígeno.

**Lpm:** Latidos por minuto.

**SNC:** Sistema Nervioso Central.

**RPE:** *Rating Perceived Exertion*.

**ATP:** Adenosina Trifosfato (*Adenosine triphosphate*).

**PCr:** Fosfocreatina.

**NH<sub>3</sub>:** Amoníaco.

**H<sup>+</sup>:** Protones.

**P<sub>i</sub>:** Fosfato Inorgánico.

**EVA:** Escala Visual Analógica.

**GI:** Grupo Intervención.

**GC:** Grupo Control.

**MMII:** Miembros Inferiores.

**EMG:** Electromiografía

**EMGS:** Electromiografía de superficie.

**N:** Newtons.

**.RS:** Retículo Sarcoplásmico.

**Ca<sup>2+</sup>:** Ion Calcio.

**Mg<sup>2+</sup>:** Ion Magnesio.

**SSG:** *Small Side Games*.

**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:** Dihidrógenofosfato.

**O<sub>2</sub>:** Oxígeno.

**TRP:** Triptófano.

**DMIE:** Daño Muscular Inducido por el Ejercicio.

**DOMS:** *Delayed onset muscle soreness*.

**ROM:** Rango de Movimiento.

**UA:** Unidades Arbitrarias.

**ER:** Estrategia de Recuperación.

**PPN:** Prueba de Provocación Neural.

**TNA:** Tensión Neural Adversa.

**MNM:** Movilización Neuromeníngea.

**TMD:** *Total Mood Disturbance*.

**UDP:** Umbral de dolor a la presión.

**ENV:** Escala Numérica Verbal.

**CVIM:** Contracción voluntaria isométrica máxima.

**RF:** Recto femoral.

**VL:** Vasto lateral.

**RMS:** Root Mean Square



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Índice de las lesiones más comunes en Fútbol-Sala .....	7
Figura 1.2. Mecanismos de regulación de la fatiga física.....	17
Figura 1.3. Muscular Wisdom.....	18
Figura 1.4. Twitch Interpolation. ....	21
Figura 1.5. Disección del SN realizada por Rufus Weaver .....	41
Figura 1.6. Envolturas conectivas del nervio periférico.....	42
Figura 1.7. Trayecto anatómico del Nervio Femoral.....	43
Figura 4.1: Sistema de registro PowerLab.....	48
Figura 4.2: Dinamómetro MicroFET2 .....	49
Figura 4.3: Escala Visual Analógica .....	50
Figura 4.4: Pulsómetro Polar FT7.....	50
Figura 4.5: Goniómetro Baseline International Estandar SFTR Pocket.....	51
Figura 4.6: Cinta métrica ADE® 50-150 cm MZ10021.....	51
Figura 4.7. Desarrollo del diseño experimental de una semana. ....	53
Figura 4.8: Diagrama de flujo de los participantes.....	55
Figura 4.9: Trato de datos electromiográficos.....	61
Figura 4.10: SSG de contra en minoría defensiva. ....	70
Figura 4.11: SSG en campo de disminuciones reducidas (20 x 20 m).....	70
Figura 4.12: Aplicación práctica de la MNM del nervio femoral.....	72
Figura 5.1: Representación gráfica de la dinamometría a modo comparativo.....	95
Figura 5.2: Representación gráfica de la EVA a modo comparativo. ....	80
Figura 5.3: Representación gráfica de la algometría a modo comparativo. ....	82
Figura 5.4: Representación gráfica de la goniométrica a modo comparativo. ....	84
Figura 5.5: Representación gráfica de la cirtométrica a modo comparativo. ....	86
Figura 5.6: Representación gráfica de la electromiográfica a modo comparativo. ....	88
Figura 5.7: Representación gráfica de Vertical Jump a modo comparativo. ....	90
Figura 5.8: Representación gráfica de One Leg Hop a modo comparativo.....	91
Figura 5.9: Representación gráfica de los Sprints a modo comparativo. ....	93
Figura 5.10: Representación gráfica de la TMD en los sujetos del GC.....	94
Figura 5.11: Representación gráfica de la TMD en los sujetos del GI .....	94
Figura 5.12: Representación gráfica del porcentaje del tiempo - frecuencia cardiaca.....	96
Figura 5.13: Representación gráfica de CR10-Borg.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Incidencia y características de las lesiones en el Fútbol-Sala .....	7
Tabla 5.1: Datos básicos y antropométricos de la muestra estudiada .....	75
Tabla 5.2: Datos sobre la actividad deportiva de la muestra estudiada .....	76
Tabla 5.3: Datos sobre aspectos clínicos y hábitos de vida de la muestra estudiada .....	76
Tabla 5.4: Datos sobre lesiones de la muestra estudiada.....	76
Tabla 5.5: Valores numéricos de la fuerza muscular .....	78
Tabla 5.6: Valores numéricos del dolor registrados a través de la EVA.....	79
Tabla 5.7: Valores numéricos del dolor registrados a través de la algometría .....	81
Tabla 5.8: Valores numéricos del rango de movimiento libre de dolor .....	84
Tabla 5.9: Valores numéricos del volumen muscular .....	85
Tabla 5.10: Valores numéricos de RMS .....	87
Tabla 5.11: Valores numéricos de Vertical Jump.....	89
Tabla 5.12: Valores numéricos de One Leg Hop. ....	91
Tabla 5.13: Valores numéricos de Sprints. ....	92
Tabla 5.14: Valores numéricos de la frecuencia cardiaca sujetos #1, #3 y #5 .....	95
Tabla 5.15: Valores numéricos de la frecuencia cardiaca sujetos #2, #4 y #6 .....	95
Tabla 5.16: Valores numéricos de la percepción subjetiva de esfuerzo.....	97
Tabla 5.17: Cálculo del tamaño muestral .....	98

# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 ENCUADRE HISTÓRICO-CULTURAL DEL FÚTBOL-SALA.

A mediados de los años setenta surgió una nueva modalidad deportiva en algunos clubes privados de Madrid, un juego nuevo que venía a ser algo similar al fútbol, pero que se practicaba en pistas de balonmano y por un número más reducido de jugadores (5 o 6 por equipo). Era lo que hoy en día conocemos como Fútbol-Sala. <sup>(1)</sup>

Se trataba de un juego importado de Sudamérica, donde ya se venía practicando, especialmente en Brasil, Uruguay y Paraguay. Se atribuye al profesor uruguayo Juan Carlos Ceriani, la redacción del primer reglamento de Fútbol-Sala en el año 1930. <sup>(1)</sup> Actualmente, el Fútbol-Sala es practicado en más de 130 países afiliados a la FIFA (Asociación Federativa Internacional de Fútbol) en todos los continentes. Su más prestigiosa competición, la Copa del Mundo de Fútbol-Sala es disputada cada cuatro años desde 1989, con 16 selecciones participantes. Desde 2012 las selecciones competidoras pasaron a ser 24, haciendo reseña del gran auge, desarrollo y crecimiento de este deporte. <sup>(2)</sup>

El Fútbol-Sala es practicado 5 contra 5 en un campo de 40 x 20 metros. Un partido de competición se compone de dos partes de 20 minutos con 10 minutos de descanso entre ellas; no obstante el tiempo de partido puede extenderse entre el 75-85% debido a que el tiempo se detiene cuando el balón no está en juego. Uno de los detalles característicos es que los cambios o sustituciones entre jugadores de campo y banquillo son ilimitados en los partidos. Esto intenta cubrir las altas demandas físicas de las que precisa su práctica sin disminuir la belleza de este deporte. <sup>(3-6)</sup>

Según las estadísticas facilitadas por la Dirección General de Deportes de Madrid, el Fútbol-Sala encabeza la lista en primer lugar con 37.887 licencias (temporada 1998-99), seguida del fútbol con 20.645 fichas. En la comunidad de Madrid, por lo tanto, el Fútbol-Sala tiene un 83% más de licencias que el “deporte rey”. A estas cifras hay que añadir los datos de competiciones municipales, trofeos privados, etc. <sup>(1)</sup>

En un estudio llevado a cabo en la Federación Madrileña de Fútbol-Sala en 1998, se determinó que el número de personas que practica este deporte supera el número de 110.000 personas. Mediante una estimación proporcional, los datos ascenderían por encima del millón y medio como número de personas que lo practican en España, lo cual permite posicionarlo como el deporte más practicado en nuestro país. <sup>(7)</sup>

## **1.2 DEMANDAS FISIOLÓGICAS EN EL FÚTBOL-SALA DE COMPETICIÓN.**

Al observar un partido, destaca de forma llamativa el gran dinamismo con el que se desarrolla: alto número de goles, pases acelerados, transiciones rápidas entre defensa y ataque, constantes pérdidas y recuperación de la posesión del balón, etc. Mediante el análisis de las demandas de movimiento se ha demostrado que el Fútbol-Sala es un ejercicio intermitente de alta intensidad donde las actividades y posiciones del aparato locomotor cambian cada 3,28 segundos. <sup>(4)</sup> Todo ello en su conjunto, exige a los jugadores altas demandas físicas, técnicas y tácticas. <sup>(2) (4)</sup>

El Fútbol-Sala se diferencia de deportes por la gran carga de aspectos técnicos que contribuyen o facilitan a conseguir el objetivo final: hacer gol de la manera más rápida posible. Esto implica, que en cada instante de partido se utilicen de la forma más eficaz posible una serie de elementos y características que permitan alcanzar el éxito. La rapidez en la ejecución, economía en los movimientos, máxima precisión y ejecutarse en el menor espacio posible forman las condiciones perseguidas por los jugadores; teniendo presente sin desprestigiar la importancia de la base sobre la que estas se asientan, constituidas por las cualidades físicas como resistencia, fuerza, y velocidad. Son variables modificables e inherentes a cada deportista y que determinan que florezca la técnica la cual les llevaría hacia el gol, siendo su mejoría y perfeccionamiento, un progreso del rendimiento deportivo en última instancia. <sup>(1)</sup>

El jugador de Fútbol-Sala precisa de una gran condición física y de una extensa formación técnica individual, necesarias para desarrollar su juego a gran velocidad, con precisión, para desplazarse con y sin pelota, y conjuntamente requiere de una amplia capacidad cognitiva para tomar decisiones en fracciones de segundo para ser resolutivo en breve periodos de tiempo, lo cual hace ver la importancia de un estado motivacional, de concentración. <sup>(7)</sup>

Es necesario distinguir entre ejercicio físico y deporte. En el deporte, a diferencia del ejercicio físico, entra en juego la competitividad, componentes más elaborados en la psicología del deportista que suman un plus de estrés, llegando a condicionar el rendimiento del jugador. <sup>(8)</sup>

Los resultados de los estudios de las demandas del Fútbol-Sala profesional realizado por Castagna et al. <sup>(4) (6)</sup> evidencian la alta intensidad del ejercicio señalando la fuerte demanda de las vías aeróbicas y anaeróbicas.

El deporte caracterizado con series de *sprints* intermitentes como es el Fútbol-Sala, genera grandes demandas fisiológicas, neuromusculares y preceptúales. <sup>(9)</sup>

Es su naturaleza dinámica y fluctuante con periodos de esfuerzo y pausa, distancias recorridas a intensidades intermitentes, quienes pautan las demandas fisiológicas en el Fútbol-Sala. La distancia recorrida por un jugador durante un partido puede oscilar entre 601 y 8.040 metros derivando del tiempo de participación en el campo y la función táctica, siendo 4.313 metros la distancia media. <sup>(3)</sup> Otros autores describen que la distancia media recorrida por jugador en un partido puede alcanzar valores de 7.977 metros. <sup>(10)</sup> La distancia recorrida por minuto por cada jugador, representa de forma más precisa la intensidad de juego, la cual puede variar entre 105 metros/minuto (m/min) y 160,2 m/min. De la distancia recorrida especificada, del 20 al 26% es en alta intensidad o *sprint*. La distancia recorrida en cada *sprint* es en torno a 6 – 16 metros, intercalados con periodos de recuperación incompleta (de 20 a 79 s), generalmente menores de 40 segundos de baja intensidad. <sup>(3) (10)</sup> De todo ello se transcribe que cuanto mayor sea el nivel de rendimiento del jugador, mayor será la tendencia a recorrer más distancia a *sprint* o alta intensidad en el transcurso del partido, lo cual incrementa directamente el nivel de participación en condiciones de conseguir el objetivo final de salir victoriosos del encuentro ante el rival. <sup>(11)</sup>

La contextualización de las características y demandas de la práctica deportiva ha de formar los cimientos, las bases de los programas de entrenamiento, así como las demandas fisiológicas sugestionan los métodos y estrategias de recuperación que acontecen tras el ejercicio. <sup>(2)</sup>

Como parámetro fisiológico, la evaluación de la frecuencia cardiaca (FC), informa de la carga interna del deporte. <sup>(12)</sup>

Según el estudio realizado por Barbero et al. se verifica la alta intensidad de juego en un partido de Fútbol-Sala, en base a que la mayor parte del tiempo (83%), los jugadores, presentan una frecuencia por encima del 85% de la frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>). <sup>(3)</sup>

Castagna et al. observaron resultados semejantes, en un partido simulado, donde la FC media fue de 90% de la FC<sub>máx</sub>. <sup>(4)</sup>

Castagna et al. <sup>(13)</sup> tuvieron conclusiones similares al medir la FC y el consumo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>) en un partido de Fútbol-Sala de jóvenes jugadores de élite (edad 16.8 +/- 1,5 años). La FC fue de 84 +/- 5,4% de la FC<sub>máx</sub> y el VO<sub>2</sub> de 75 +/- 11,2% del VO<sub>2pico</sub>.

Uno de los determinantes que hace diferir al Fútbol-Sala de otros deportes de equipo es el breve periodo de recuperación existente tras los esfuerzo de alta intensidad, lo que conlleva que rara vez la FC disminuya de los 150 latidos por minuto (lpm). El Fútbol-Sala contiene más fases en alta intensidad que el Fútbol y otros deportes de naturaleza intermitente. <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> En consonancia con los indicadores fisiológicos, se concluye que los jugadores de Fútbol-Sala han de presentar un óptimo condicionamiento físico aeróbico y anaeróbico para soportar las demandas fisiológicas durante los entrenamientos y partidos. <sup>(2)</sup>

En el Fútbol-Sala, el porcentaje de la distancia total recorrida a alta y máxima velocidad (ejercicio de alta intensidad) es mayor que en el baloncesto, balonmano o fútbol, revelando las altas demandas impuestas por la competición lo cual sugiere que el Fútbol-Sala es uno de los deportes más demandantes en la práctica. <sup>(3)</sup>

### **1.3 CARACTERÍSTICAS Y DESEMPEÑO ANAERÓBICO Y AERÓBICO.**

La capacidad anaeróbica es fundamental para los jugadores de Fútbol-Sala, principalmente para realizar aceleraciones, cambios de dirección explosivos y ejecutar *sprints* repetidos.

La evaluación de los mismos marca las directrices del rendimiento del jugador. <sup>(2)</sup> <sup>(6)</sup>. Por ejemplo, Freitas et al. <sup>(14)</sup> realizaron un test de salto vertical con el fin de cuantificar la mejora en el rendimiento tras 14 semanas de entrenamiento. Avelar et al. <sup>(15)</sup> determinaron la velocidad lineal en un recorrido de 30 metros con el mismo fin.

La capacidad aeróbica mantiene una estrecha relación con las capacidades anteriores, ya que, los jugadores con mayor rendimiento aeróbico, mayor distancia serán capaces de recorrer a *sprint* y ello incrementará el número de ocasiones de contactar con el balón. Además lo harán con un menor estrés cardiovascular y con una menor fatigabilidad debido a una mejor recuperación entre los esfuerzos de alta intensidad. Todo ello atenuará el deterioro del rendimiento en la ejecución técnica y la falta de concentración inducida por la fatiga. <sup>(3) (4) (6)</sup>

En resumen, las contribuciones desde los sistemas aeróbico y anaeróbico, posibilitan la realización de acciones técnicas exitosas (por ej.: pases, tiros, etc.), técnica necesaria para salir victorioso en la competición. <sup>(2) (5) (16)</sup>

#### **1.4 LESIONES EN EL FÚTBOL-SALA.**

El incipiente auge protagonizado por el deporte de competición a todas las categorías y niveles en las últimas décadas, ha confluído en un mayor control y análisis, tanto de la carga del entrenamiento como en los efectos de las mismas, con el fin de optimizar el rendimiento deportivo. <sup>(1)</sup> Diferentes métodos son diseñados con el propósito de controlar la sobrecarga, esenciales para mejorar el rendimiento, prevenir la fatiga y reducir el riesgo e incidencia de lesiones. <sup>(2)</sup>

El Fútbol-Sala forma parte de los deportes categorizados como *cooperación-oposición* y se encuentra inmerso en un calendario de competición regular. Por ello, son diversos los factores que condicionan el resultado deportivo. Los resultados en la competición son el producto final de un complejo mecanismo de interrelaciones, que se establece entre los factores de rendimiento de forma individual, sobre los que es posible intervenir para optimizar el proceso y mejorar los resultados en su globalidad. <sup>(7)</sup>

El entrenamiento deportivo está ceñido a la búsqueda continua de mejora de las marcas obtenidas por los deportistas, las cuales están cada vez más ajustadas entre ellos, de modo que los resultados y victorias se definen por diferencias mínimas. En los últimos años, la aplicación en la práctica de la metodología científica para mejorar el rendimiento deportivo ha recibido un gran interés. <sup>(5)</sup>

Esto se debe en gran parte a que inherentemente a las cargas de entrenamiento, se encuentra el aspecto lesional, factor muy presente en el deporte de élite y que dificulta el proceso de entrenamiento, alterando de forma grave la planificación del mismo. <sup>(7)</sup>

Al considerar a lo que la lesión se refiere en Fútbol-Sala, se encuentran dos elementos principales:

- Sucesiones de frenadas y arrancadas a diferentes velocidades mediante acciones explosivas con continuos cambios de dirección, en espacios reducidos.
- Práctica deportiva en diferentes superficies o terrenos con distintas características en cuanto a fricción y absorción de impactos (PVC, caucho y madera como principales pavimentos empleados en instalaciones cubiertas).

Todo ello conduce al cuerpo del deportista a someterse a una serie de acciones que, por su naturaleza, son lesivas debido a que exigen a diferentes estructuras del organismo a llegar al límite de sus capacidades (por ejemplo: rotaciones bruscas de articulaciones, elongaciones musculares rápidas y máximas). Además, dichas acciones pueden verse condicionadas o agravadas si se llevan a cabo en superficies que contribuyen a que se produzca la lesión. Este hecho debe condicionar la visión del proceso de entrenamiento y dotar de un importante peso específico al trabajo terapéutico y preventivo. <sup>(5) (7)</sup>

## **1.5 INCIDENCIA LESIONAL EN EL FÚTBOL-SALA.**

Los deportistas de élite son continuamente expuestos a entrenamientos y competiciones exhaustivos con una temporalización muy reducida entre ellos. La insuficiencia en la recuperación apropiada entre las intensas sesiones, puede resultar en un estrés fisiológico y psicológico que puede traducirse en un detrimento del rendimiento e incrementar el riesgo de lesión. <sup>(17) (18)</sup>

Con vistas a proponer y orientar el enfoque del trabajo preventivo y terapéutico, es necesario realizar un análisis de las principales lesiones que acontecen en el Fútbol-Sala. En la literatura correspondiente a esta cuestión, cabe destacar los análisis realizados por Lindenfeld et al., en 1994 (Figura 1.1) y los de Ribeiro y Pena Costa, en 2006 (Tabla 1.1).



<b>Número de partidos</b>	<b>23</b>
<b>Número de lesiones</b>	<b>32</b>
<b>Lesiones por partido</b>	<b>1,39</b>

<b>Circunstancia</b>	
<b>Con contacto</b>	21 (65,62%)
<b>Sin contacto</b>	11 (34,38%)

<b>Parte del cuerpo lesionada</b>	
<b>Cabeza, cara y cuello</b>	1 (3,13%)
<b>Extremidad superior, incluido hombro</b>	1 (3,13%)
<b>Tronco</b>	3 (9,37%)
<b>Muslo</b>	9 (28,12%)
<b>Rodilla</b>	4 (12,5%)
<b>Tobillo</b>	8 (25%)
<b>Cadera</b>	6 (18,75%)

<b>Tipo de lesión</b>	
<b>Esguince</b>	9 (28,12%)
<b>Esfuerzo muscular</b>	3 (9,37%)
<b>Lesión ligamentosa con inestabilidad</b>	1 (3,13%)
<b>Tendinopatía</b>	4 (12,5%)
<b>Fatiga muscular</b>	2 (6,25%)
<b>Otros</b>	15 (46,88%)

Tabla 1.1. Incidencia y características de las lesiones. De Ribero y Pena Costa LO, 2006

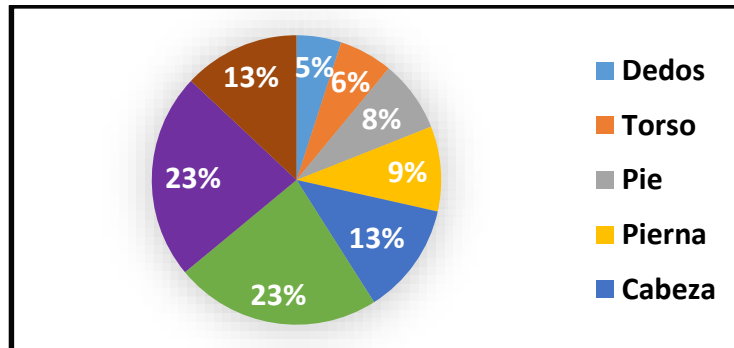


Figura 1.1. Índice de repeticiones de las lesiones más comunes en Fútbol-Sala, por cada 100 horas de juego. De Lindefelt et al. 1994

De los resultados, se pueden describir las siguientes conclusiones:

- El 53,22% de las lesiones pueden tener su origen en un deterioro del rendimiento debido a la fatiga.
- Existe un predominio articular (tobillo y rodilla) y muscular en el muslo (musculatura tanto flexora como extensora) en cuanto a la localización de las lesiones.
- Un porcentaje considerable de lesiones requieren entre uno y treinta días, es decir, que requieren de tratamiento terapéutico-readaptador.

Entre las lesiones consideradas de mayor importancia en relación a su incidencia de sucesión y al catálogo o abanico de posibilidades para mitigar tanto su aparición como su recidiva se hallan las lesiones musculares. <sup>(5-7)</sup>

Las lesiones musculares abarcan cualquier irregularidad existente a nivel muscular que se originan por causas diversas y que perturban el normal funcionamiento del músculo dañado. Como principales mecanismos causales en el Fútbol-Sala se encuentran los traumatismos indirectos, tales como: frenada, arrancada, aceleración, impulso, aterrizaje, etc. Estos mecanismos lesionales se ven asistidos por factores de naturaleza variable: esfuerzos máximos, fatiga, debilidad o desequilibrio muscular, técnica deportiva insuficiente, terreno inadecuado, calentamiento insuficiente, etc. <sup>(7)</sup>

En referencia a la función y tipología muscular a la que son sometidos estas causas desencadenantes, pueden desembocar en lesión o no. El tipo de músculo más lesivo ante los traumatismos indirectos es aquel que:

- Es solicitado con mayor frecuencia durante la contracción excéntrica.
- Es desacostumbradamente mayor la fuerza con la que se genera la contracción excéntrica o el número de veces realizado.
- Aquel anatómicamente biarticular y con un porcentaje relativamente alto de fibras rápidas tipo II, como los isquiotibiales o recto femoral del cuádriceps.

Dentro de la clasificación clínica, se hallan aquellas lesiones con daño anatómico y las que no tienen lesión anatómica. Respecto a las lesiones con daño anatómico, la principal en Fútbol-Sala por número de aparición es la contusión en cuádriceps. <sup>(7)</sup>

En cuanto a la lesiones sin daño anatómico se hallan las *agujetas*, descritas como dolores difusos del grupo muscular que aparecen a las 12-24 horas posteriores al ejercicio. Es característica su aparición al inicio de la temporada o ante ejercicios inhabituales. Se trata de microrroturas fibrilares que ocasionan alteraciones de membrana o de transportadores de iones transmembranas. <sup>(7)</sup>

Estudios han demostrado que las lesiones tienden a ocurrir cerca del final del encuentro o evento deportivo, cuando los deportistas experimentan fatiga muscular. Estas observaciones sugieren que la fatiga muscular puede ser un factor predisponente que contribuye a las lesiones en los miembros inferiores (MMII). Alterando la capacidad de producir fuerza en la musculatura que rodea a las

articulaciones, la fatiga contribuye a la lesión por la exposición a los ligamentos y otras restricciones pasivas a cargas excesivas debido a una disminución en la activación muscular, patrones de movimiento sinérgica y alteración de la propiocepción. <sup>(19) (20)</sup>

## **1.6 EVENTO FISIOLÓGICO DE LA FATIGA.**

### **1.6.1 Concepto de fatiga y clasificación.**

La relación entre fatiga y ejercicio ha sido protagonista en numerosos estudios y trabajos de investigación desde finales del siglo XIX. Aun así, se sigue desconociendo en gran medida la etiología de la fatiga. <sup>(21)</sup>

Una afirmación evidenciada es que la fatiga se va instaurando de forma progresiva desde prácticamente el inicio del ejercicio. Por ejemplo, Derrick et al. <sup>(22)</sup> definieron que la fatiga altera la biomecánica de la carrera en tan solo 15 minutos tras comenzar la misma. Debido a ello, la fatiga se puede definir como una “disminución de la capacidad para generar fuerza muscular máxima y/o potencia máxima, independientemente de que pueda ser mantenida o no la intensidad del esfuerzo como resultado de una reciente activación que se acompaña con un aumento en la percepción de esfuerzo necesario para ejercer una fuerza deseada”. <sup>(21-28)</sup>

En deportes como el Fútbol-Sala, donde el rendimiento debe ser mantenido durante un periodo prolongado, la fatiga ya no se evidencia como una incapacidad de generar fuerza contra una resistencia sino que se ve manifiesta por la inhabilidad de mantener el “nivel o ritmo de trabajo” requerido. <sup>(20)</sup>

En relación y como predisponente a la aparición de la fatiga, se encuentra la naturaleza fluctuante y dinámica del Fútbol-Sala. En este deporte, se ha demostrado una inclinación de la balanza hacia las contracciones intermitentes con la mayor capacidad de inducir fatiga respecto a las contracciones continuas “de mantener” una resistencia de misma intensidad. <sup>(24)</sup> Por otro lado, es importante destacar los trastornos en la estructura y función en la musculatura que se asocian a una reducción de la función contráctil, una cascada de respuestas inflamatorias, percepción dolorosa y un retraso en la recuperación del óptimo desempeño físico a causa del ejercicio prologado con *sprints* intermitentes, clara característica del Fútbol-Sala. <sup>(9)</sup>

Las contracciones voluntarias dependen de una cascada de procesos que se originan en el sistema nervioso central (SNC) y finaliza en los músculos esqueléticos. La fatiga puede resultar de la alteración en cualquiera de estos procesos, o de manera simultánea en varios puntos del “circuito”. De ello nace la clasificación de la fatiga en fatiga central y fatiga periférica. <sup>(21)</sup>

- Si los procesos que se ven alterados se posicionan entre la elaboración de la orden a nivel cortical hasta la llegada del estímulo al sarcolema, se habla de fatiga central.
- Se define como fatiga periférica cuando las alteraciones se producen en el funcionamiento del sarcolema o en cualquiera de las fases que suceden en el interior de las fibras musculares. <sup>(21)</sup> Como son: la propagación del potencial de acción a lo largo de la membrana muscular, la liberación de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) del retículo sarcoplásmico (RS), la unión del  $\text{Ca}^{2+}$  con la troponina, la interacción actina-miosina durante el ciclo de puentes cruzados y la recaptación del  $\text{Ca}^{2+}$  por la bomba  $\text{Ca}^{2+}$  - ATPasa hacia el interior del RS. <sup>(24)</sup>

Es por ello que la fatiga se entiende como un fenómeno multifactorial cuyos mecanismos están influenciados por las características de la tarea a la que están llamados a realizar (por ej.: tipo y duración del ejercicio y velocidad de la contracción muscular). Esta característica recibe el nombre de “*tarea-dependiente*”. <sup>(26)</sup> <sup>(27)</sup> <sup>(29)</sup>

### 1.6.2 Sensación de fatiga-sensación de esfuerzo.

A pesar de que la fatiga es concretada a partir de la medida de variables objetivas como son la fuerza y la potencia, la existencia de fatiga puede ser percibida por el sujeto; a ello se le conoce como sensación de fatiga. <sup>(12)</sup> <sup>(31)</sup>

La sensación de fatiga es una elaboración mental resultante de la combinación de diversos factores neurofisiológicos y neuropsicológicos. Básicamente, la sensación de fatiga depende de:

1. La expectativa de rendimiento, fundamentada en la memoria acerca de la fuerza o potencia muscular que se debería ser capaz de desarrollar.
2. De la información sensitiva aportada esencialmente por los propioceptores, por las terminaciones nerviosas tipo III y tipo IV presentes en las fibras musculares y responsables de los denominados reflejos metabólicos y reflejos químicos musculares; por los termorreceptores, nociceptores y receptores de presión.

3. De factores psicológicos como la motivación, estado anímico y elaboraciones mentales complejas relacionadas con el miedo, el placer, o la recompensa.

Un igual nivel de fatiga objetiva, o lo que es lo mismo, un mismo nivel de privación de fuerza o potencia muscular, puede originar sensaciones de fatiga diferentes, aunque en general existe una buena relación entre la fatiga medida mediante variables objetivas y la sensación de fatiga. <sup>(21)</sup>

En la documentación científica, para medir la sensación de fatiga se ha utilizado principalmente la escala de clasificación de fatiga o Borg (RPE, percepción subjetiva del esfuerzo o “*rating perceived exertion*” en inglés). <sup>(12) (21) (30-33)</sup>

### 1.6.3 Mecanismos causales.

Aunque tradicionalmente se ha clasificado la fatiga como central y periférica, es difícil atribuir la fatiga a mecanismos únicamente centrales o únicamente periféricos. En el 2011, Boyas y Guével realizaron una revisión de 182 publicaciones científicas sobre la fatiga neuromuscular y sus factores centrales y periféricos. Como conclusión se señaló claramente la interacción inseparable de mecanismos centrales y periféricos, en la observada disminución producción de fuerza. <sup>(26)</sup>

La revisión realizada por Enoka et al. <sup>(27)</sup> defiende férreamente que la dicotomía entre fatiga central y periférica debe evitarse. Esto es así debido a que son vías y procesos interrelacionados y que dependen uno del otro; un ejemplo de ello es el incremento de *feedback* sensitivo en respuesta a los cambios metabólicos y estado mecánico durante la contracción fatigante.

#### 1.6.3.1 FATIGA PERIFÉRICA

La restricción en el suministro de energía como la acumulación de metabolitos, pueden provocar una disminución de la fuerza muscular y con ello irrumpir la fatiga. Los sustratos metabólicos especialmente responsables del suministro de energía durante la contracción muscular dependen de cuatro factores principalmente: <sup>(20) (21) (23)</sup>

- La intensidad del esfuerzo.
- La duración del esfuerzo.
- La disponibilidad de sustratos energéticos.

- Las modificaciones del entorno hormonal originadas por el esfuerzo, que a su vez están en relación con la disponibilidad de sustratos metabólicos, con el estrés asociado al ejercicio y con el grado de entrenamiento de cada sujeto.

A esto hay que añadir, la dependencia del metabolismo muscular al tipo de contracción muscular predominante (isométrica o dinámica), del grado de actividad (continuo o intermitente), ambas inherentes a la modalidad deportiva desempeñada y por otro lado del tipo de fibras musculares predominantes en la musculatura solicitada, existiendo diferencias entre cada deportista. Por ejemplo, los sujetos con un alto contenido de fibras rápidas (tipo II; alta capacidad glicolítica), baja densidad capilar y bajo contenido de enzimas mitocondriales, se fatigan más fácilmente durante el ejercicio prolongado que aquel sujeto con un mayor porcentaje de fibras de contracción lenta (tipo I; alta capacidad oxidativa). <sup>(21)</sup>

**❖ Factores metabólicos relacionados con la fatiga. Fútbol-Sala como esfuerzo dinámico de alta intensidad (> 80% VO<sub>2max</sub>).**

Durante el ejercicio físico de alta intensidad la fatiga se ha vinculado con la depleción de sustratos energéticos, con la acumulación de catabolitos y con alteraciones iónicas en los medios intra y extracelular. <sup>(23)</sup>

La potencia desarrollada en el movimiento y gesto deportivo determina la demanda de energía por unidad de tiempo durante la contracción muscular. Cuanta más alta sea la potencia demandada en busca de un fin, más intensas y seguidas tendrán que ser las contracciones musculares, con lo que más elevada será la demanda de adenosina trifosfato (ATP) por unidad de tiempo. Durante el esfuerzo de alta intensidad, una parte del ATP es resintetizado por vías metabólicas anaeróbicas, debido a que el metabolismo aeróbico resulta insuficiente. <sup>(25)</sup>

De manera colateral, el ejercicio dinámico se caracteriza por la alternancia de fases de contracción muscular y fases de relajación que se repiten a lo largo del ejercicio. Durante las fases de contracción, el flujo sanguíneo puede estar ocluido en las fibras musculares activas, mientras que durante la fase de relajación, se produce la perfusión de las fibras musculares activas. Es por ello que cuanto más intensas y seguidas sean las fases de contracción muscular, más difícil será el suministro de O<sub>2</sub> a las fibras musculares activas y más importante será la participación del metabolismo anaeróbico en el suministro de energía. <sup>(19) (20)</sup>

## 1) Disponibilidad de sustratos energéticos:

### El Glucógeno Muscular:

La glucogenólisis y la glucolisis son muy rápidas durante el ejercicio de alta intensidad, esto se transcribe en una gran velocidad en la deflación del depósito muscular, siendo la concentración muscular de glucógeno limitante en forma de fatiga muscular. <sup>(21)</sup>

Está evidenciado que la depleción de las reservas de glucógeno muscular conduce a una pronunciada disminución en el “nivel o ritmo de trabajo”. Un ejemplo de ello, es la diferencia en el rendimiento a lo largo de un partido de competición, donde es mucho menor esta capacidad de afrontar la demanda de esfuerzo deportivo en la segunda parte. Ello también se ve reflejado por un aumento en el tiempo dedicado al descanso y recuperación. Por ejemplo en el Fútbol, la duración de la recuperación es aproximadamente un 17 % más corta en la primera que en la segunda mitad. <sup>(20)</sup>

### Adenosina Trifosfato (*Adenosine triphosphate* o ATP):

El descenso de la concentración muscular de ATP no es limitante, es decir, no es el principal mecanismo responsable de la fatiga. En todo caso, el descenso de la concentración de ATP podría afectar en mayor medida a la velocidad de la contracción muscular que a la capacidad de generar tensión máxima. Es por ello que la concentración de ATP si puede condicionar el rendimiento deportivo aunque no sea bajo términos estrictos de fatiga muscular. <sup>(21)</sup>

### La Fosfocreatina:

La correlación entre la fuerza desarrollada y la concentración de PCr, durante y después de una actividad contráctil es bajo la dependencia del tipo de contracción (dinámica o isométrica) y de la intensidad de esfuerzo. Debido al desfase existente entre el descenso de la concentración de PCr y la pérdida de fuerza, así como entre la recuperación de los niveles de PCr y el restablecimiento de la fuerza muscular, parece que sea improbable que el descenso de la concentración de PCr sea el factor causal de la fatiga. <sup>(21)</sup>

## 2) Acumulación de metabolitos:

### Productos de metabolismo del ATP: Amoníaco (NH<sub>3</sub>):

La obtención como producto metabólico de  $\text{NH}_3$  es mayor durante el esfuerzo de alta intensidad. Este proviene principalmente de las fibras musculares de contracción rápida y en menor medida de las de contracción lenta. Uno de los efectos contiguo es el aumento de la contracción de  $\text{H}^+$ . <sup>(21)</sup>

#### Acumulación de lactato e $\text{H}^+$ (Ácido láctico):

Como se ha mencionado antes, durante el ejercicio de alta intensidad y de naturaleza intermitente, se produce una activación importante de la glucogenólisis y de la glucólisis, que genera importantes cantidades de piruvato, una parte del cual es transformado en lactato. La acumulación de lactato es superior en las fibras de contracción rápida ya que tiene un 60% más capacidad glucolítica que las fibras de contracción lenta. Durante el esfuerzo de alta intensidad, la concentración de  $\text{H}^+$  aumenta de forma proporcional a la producción de lactato. Como resultante, tanto la disminución del PH muscular como el descenso de la capacidad tampón del músculo reducen la capacidad de rendimiento. <sup>(19) (21) (23)</sup>

#### Acumulación de fosfato inorgánico ( $\text{P}_i$ ):

La acumulación de  $\text{P}_i$  inhibe la contracción muscular, afectando en mayor medida a las fibras musculares de contracción rápida. Como mecanismos se han propuesto la inhibición de las ATPasas (miosina y bombas de calcio del retículo sarcoplásmico) y la alteración del estado de los puentes cruzados actinmiosínicos, entre otros. <sup>(21) (26)</sup>

### ❖ Interferencia en el acoplamiento entre excitación y contracción.

#### 1) Alteración en la liberación y/o recaptación de $\text{Ca}^{2+}$ del RS.

El RS regula la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  mediante la liberación de este al sarcoplasma durante la excitación y su recaptación durante la relajación. Es la unión de  $\text{Ca}^{2+}$  a la subunidad C o fijadora de calcio de troponina la acción que provoca cambios conformacionales en el complejo troponina-tropomiosina que despejan los centros activos de la actina, permitiendo así la formación de los puentes cruzados y la contracción muscular. <sup>(21) (26)</sup>

Es por ello que la disminución en la capacidad para generar fuerza que acontece durante la fatiga puede ser debido al descenso de la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  debido a su fijación a proteínas celulares y/o a una menor liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  desde el RS. La



liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  del RS podría disminuir debido a una falta de  $\text{Ca}^{2+}$  en el interior del retículo o por una apertura insuficiente de los canales de calcio del mismo. <sup>(21) (34)</sup> Los mecanismos que podrían interferir en la apertura de los canales de calcio del RS son:

- Acumulación de metabolitos.
- Disminución de la excitación.
- Disfunción del retículo debido a las alteraciones estructurales por daño muscular que acompaña al ejercicio excéntrico.

## **2) Efectos de la acumulación de metabolitos sobre la función del RS.**

La fatiga muscular se ha relacionado con cambios metabólicos en el interior de la fibra muscular que convergen en un incremento en la concentración de  $\text{H}^+$ . Ese aumento de  $\text{H}^+$  altera la capacidad del RS para liberar y recaptar  $\text{Ca}^{2+}$ . <sup>(19) (21) (23)</sup>

Durante el ejercicio de alta intensidad, acontece una disminución de PCr, así como un aumento de  $\text{P}_i$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Todo ello se asocia a un descenso de la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  a través de los receptores de rianodina. <sup>(21) (26)</sup>

## **3) Disfunción intrínseca del RS inducida por la contracción muscular repetida.**

Como uno de los factores implicados, se define al aumento de la temperatura que acontece durante la actividad contráctil. Bien es cierto, las alteraciones intrínsecas de las estructuras del RS son reversibles con reposo, siempre y cuando el tiempo de recuperación sea suficientemente largo. <sup>(21) (34)</sup>

## **4) Disminución de la excitación.**

Un fenómeno que podría verse vinculado con la fatiga producida después de realizar ejercicio excéntrico, es el efecto desacoplante en la transmisión del impulso desde el receptor de dihidropiridina hasta el receptor de rianodina debido al aumento de la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular. <sup>(21)</sup>

### **1.6.3.2 FATIGA CENTRAL**

La fatiga central se define como un deterioro de la capacidad para generar fuerza máxima y/o potencia muscular máxima debido a una alteración en las órdenes que

genera y transmite el sistema nervioso a las fibras musculares. La activación muscular voluntaria disminuye gradualmente y ello es atribuido a alteraciones situadas proximalmente a la unión neuromuscular. <sup>(21) (35) (26)</sup>

La traducción de la definición alberga que la excitabilidad de la corteza motora cerebral en humanos es alterada durante la fatiga. Cambios en la tasa de disparos de las motoneuronas y disminución es las descargas aferentes de los husos musculares parece estar implicado en la fatiga central. <sup>(35) (36)</sup>

Según autores como Taylor <sup>(35)</sup> y Tanaña, <sup>(28)</sup> la fatiga central o supraespinal puede llegar a ser responsable del 20-25% de la pérdida de fuerza durante las condiciones de fatiga. Sin embargo, en muchas ocasiones, no es posible diferenciar entre fatiga central y periférica debido a que algunas señales pueden causar fatiga actuando tanto a nivel periférico como a nivel central, este es el caso de la hipertermia <sup>(37)</sup> y de la hipoxia severa por ejemplo.

Los mecanismos por los que puede tener lugar la fatiga central son varios <sup>(21) (36)</sup>:

- Disminución de la señal de salida (output) de las motoneuronas del área motor primaria.
- Disminución de la excitabilidad de las motoneuronas.
- Alteración en la generación del potencial de placa.

Las causas de la fatiga supraespinal o central son poco conocidas. Como hipótesis se ha propuesto que en primer lugar, la fatiga supraespinal puede estar relacionada con la depleción o acumulación de ciertos neurotransmisores cerebrales, los cuales inducen una disminución en el descenso excitatorio corticoespinal. El neurotransmisor más estudiado en este contexto es la serotonina; su incremento debido al ejercicio prolongado limita la activación central. Otros como por ejemplo, las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina) tienen efectos en la fatiga en virtud de su efecto en la motivación y la acción motora. Una incremento motivacional acciona el sistema de facilitación vía dopaminérgica aumentando la salida motora. <sup>(26) (28)</sup>

El trabajo de salida voluntario depende del sistema de facilitación, el cual es controlado por las entradas motivacionales y el sistema inhibitorio vía entrada sensorial (Figura 1.2). El estrés o el sobreentrenamiento actúan directamente disminuyendo la entrada motivacional y con ello una menor activación y rendimiento. <sup>(28)</sup>

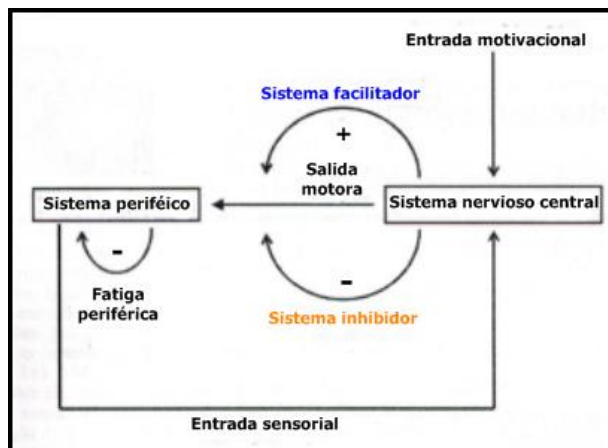


Figura 1.2. Mecanismos de regulación de la fatiga física.  
Adaptación de Tanaka y Watanabe (28)

La concentración de otras sustancias como el glucógeno, pueden condicionar la aparición de fatiga central debido a que la disminución de la activación cerebral es asociada con una caída en las reservas de glucógeno cerebral como fuente de energía. <sup>(29)</sup>

Tradicionalmente, la recuperación de la fatiga inducida por el ejercicio se ha enfocado desde un punto de vista periférico. La regeneración fisiológica muscular y otros factores periféricos han sido protagonistas en las estrategias de recuperación. No obstante, la compleja interacción entre los factores centrales y periféricos que regulan la intensidad del ejercicio en el momento de su ejecución, empuja a tener consciencia en el rol conjunto de condiciones centrales y periféricas en las estrategias de recuperación. Esto es soportado indirectamente por la desconexión temporal entre los cambios fisiológicos y marcadores biomecánicos resultantes del ejercicio y la consiguiente recuperación. <sup>(9)</sup>

#### ❖ Disminución de la señal de salida (output) de las motoneuronas de área motor primaria.

Uno de los factores implicados en la intensidad de las señales excitadoras supraespinales, es la motivación. El estado o nivel de motivación depende del funcionamiento de sistemas encefalinérgicos, serotoninérgicos, dopaminérgicos y catecolaminérgicos del SNC. <sup>(23)</sup>

En los jugadores de Fútbol-Sala de alto nivel, las fluctuaciones motivacionales pueden ser probablemente la causa en las diferencias observadas durante la temporada del rendimiento cuando no hay lesión o motivo aparente. <sup>(38)</sup>

Una de las funciones del entrenador es mantener ese nivel de motivación. Ocurre lo mismo en los *Small Side Games* (SSG), donde se ha evidenciado que las respuestas fisiológicas al calentamiento en variables como la frecuencia cardiaca, concentración de lactato en sangre y percepción de esfuerzo, pueden ser alteradas por factores como el número de jugadores, tamaño del espacio de juego, reglas del juego y demandas y exigencias impuestas por el entrenador. <sup>(16)</sup> <sup>(39)</sup> El entrenador, sus estímulos y ánimos generan un estado de motivación que conduce a una mayor adherencia al entrenamiento y mayor compromiso por parte de los jugadores. <sup>(39)</sup>

En este mismo sentido, está demostrado que fuerzas supramáximas pueden producirse en circunstancias de un gran estrés debido a la hiperactivación de las unidades motoras de alto umbral de reclutamiento. Ello es un ejemplo de la importante regulación y control del SNC y aferencias o entradas motivacional en el circuito a la hora de aumentar el rendimiento. <sup>(40)</sup>

Por otro lado, se propuso la teoría de la "*Muscular Wisdom o Sabiduría Muscular*" (Figura 1.3) como mecanismo de adaptación ante la fatiga, hipótesis original en los estudios de Bellemare et. al. <sup>(41)</sup> Esta hipótesis nace ante la observación de que la tasa de disparo de motoneuronas decrece con la fatiga y por ello establece que la conducción y disparo de las motoneuronas se adapta para que coincida con la ralentización de las propiedades de las fibras musculares de contracción durante la fatiga y que "se optimice" la producción de fuerza al tiempo que evita el fracaso contráctil y la lesión. De esta manera, como se ralentiza la velocidad contráctil, la tasa de disparos disminuye en consecuencia. <sup>(27)</sup> <sup>(40)</sup> En definitiva, esta teoría defiende que la disminución de la frecuencia de descarga durante la contracción voluntaria máxima es una adaptación a la capacidad de respuesta de la fibra muscular. <sup>(21)</sup> <sup>(26)</sup>

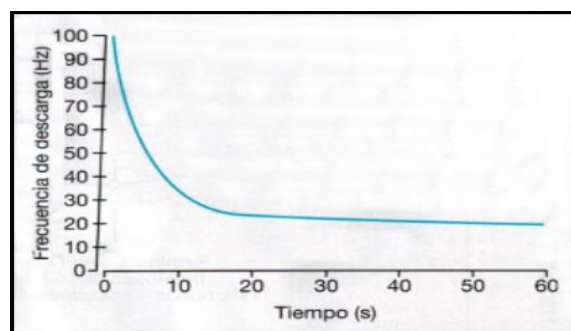


Figura 1.3. Muscular Wisdom. Disminución de la frecuencia de descarga de una motoneurona alfa durante una contracción voluntaria máxima de 60 segundos de duración. <sup>(21)</sup>

En el estudio realizado por Macefield et al. <sup>(42)</sup> concluyeron que la adaptación progresiva en la tasa de disparo de las motoneuronas no es una consecuencia invariable de las contracciones máximas sostenidas voluntarias sino que dependerá de la autorregulación en consonancia con diferentes estímulos de carga positiva, como la motivación, y estímulos de carga negativa, como el estrés, el sobreentrenamiento.

Se ha de tener en cuenta una hipótesis o teoría llamada “*Modelo del Gobernador Central*” <sup>(28)</sup> <sup>(43)</sup> con origen en el libro publicado por Mosso en 1915, la cual define la fatiga como una emoción derivada del cerebro que regula el comportamiento ante el ejercicio para garantizar la protección de la homeostasis del cuerpo y protegerlo del daño. El “*Modelo de Gobernador Central*” de la regulación del ejercicio propone que es el cerebro quien regula el rendimiento ante el ejercicio mediante una continua modificación del número de unidades motoras que son reclutadas en la musculatura. Debido al excesivo énfasis en el rol central en la determinación del rendimiento físico, el “*Modelo del Gobernador Central*” es todavía visto desde el escepticismo. <sup>(28)</sup>

La teoría de la “*Sabiduría Muscular*” y el “*Modelo Gobernador Central*”, se enmarcan dentro de los factores centrales los cuales destacan el rol del SNC en el mantenimiento del rendimiento muscular. Proponen que la actividad metabólica es continuamente regulada durante el ejercicio para prevenir el fallo catastrófico del sistema por medio de diferentes mecanismos de control homeostático en el cerebro y sistemas fisiológicos periféricos. <sup>(20)</sup> La disminución o inhibición neural por parte del SNC prevendría la total activación voluntaria durante las contracciones en presencia de daño muscular con el objetivo de prevenir un daño mayor. <sup>(35)</sup> <sup>(44)</sup>

Es de señalar que este tipo de teorías nacen de la evidencia de que en el proceso de fatiga, el sistema neuromuscular intenta compensar la disminución en la generación de fuerza mediante la implantación de mecanismos nerviosos y musculares, con el fin de retrasar el punto en el que ya no se pueda realizar la tarea. <sup>(26)</sup>

#### ❖ **Disminución de la excitabilidad de las motoneuronas.**

Los husos musculares (receptores grupo Ia y II), que proporcionan información de la longitud del músculo y sus cambios al SNC, los órganos tendinosos de Golgi (receptores grupo Ib), que envía información acerca de la tensión intramuscular al

SNC, y las terminaciones nerviosas de los grupos III y IV (metaborreceptores) son los encargados de recoger las aferencias periféricas que influyen en la excitabilidad de las motoneuronas alfa medulares. <sup>(21) (26)</sup>

La fatiga se asocia a un declive de la frecuencia de descarga de las motoneuronas alfa. Como resultado, resulta más difícil activar las motoneuronas alfa fatigadas, con ello, el esfuerzo volitivo del deportista ha de ser mayor. <sup>(21) (26) (27)</sup>

#### ❖ **Alteración en la generación del potencial de placa.**

La fatiga puede ser debida a un fallo en la transmisión de los impulsos a través de los axones motores desde el núcleo motor medular hasta la placa motora o a una alteración en la respuesta de la placa motora al estímulo nervioso. <sup>(27)</sup>

### **1.6.4 Factores condicionantes o predisponentes.**

#### ***1.6.4.1 Proceso de envejecimiento:***

Como diferencias intrínsecas a la edad de los sujetos, los adultos presentan más resistencia, es decir, más tiempo hasta llegar a un misma cantidad de fatiga en relación con los sujetos jóvenes. <sup>(45)</sup> Esto parece tener su explicación en bases metabólicas. Los adultos presentan una mayor resistencia a la fatiga debido a una mayor dependencia a la fosforilación oxidativa y menor flujo glucolítico, originado menos acidosis y menos acumulación de  $P_i$  y  $H_2PO_4^-$ . <sup>(46)</sup>

Por otro lado, la señal eferente (output) de las motoneuronas en la conducción central permanece deprimida en los adultos de edad avanzada durante más tiempo tras la demanda fatigante, respecto a los jóvenes lo cual evidencia una menor capacidad de recuperación por los adultos. <sup>(45)</sup> Esto unido a que las propiedades contráctiles en el músculo son igualmente recuperadas por ambos grupos, la recuperación parece estar más relacionada con alteraciones a nivel espinal o supraespinal en lugar de a nivel periférico en el interior del músculo, más concretamente con una disminución en la excitabilidad en las vías intracorticales. <sup>(47) (48)</sup>

#### ***1.6.4.2 La hipertermia:***

Es un factor que puede ocasionar fatiga tanto por mecanismos centrales como periféricos. En la práctica de ejercicio, la temperatura muscular se eleva dependiendo de la intensidad del esfuerzo, la duración del mismo y la disipación de calor. Esta

disipación, depende de las condiciones ambientales, el grado de aclimatación al calor y la volemia. Como condicionantes negativos en el rendimiento deportivo se encuentran el ambiente cálido y húmedo, la deshidratación y la hipovolemia ya que dificultan la disipación de calor, por lo que la temperatura muscular y cerebral aumenta a costa de una disminución de la capacidad contráctil de las fibras musculares. <sup>(20)</sup> <sup>(21)</sup>

En condiciones ambientales que favorezcan la acumulación de calor y sin beber agua, acontece un descenso en el suministro de O<sub>2</sub> a la musculatura activa, debido a un descenso del gasto cardíaco, la presión arterial, el volumen sistólico y el flujo sanguíneo muscular. La reducción en el suministro de O<sub>2</sub> se relaciona con una mayor degradación de glucógeno muscular y a mayor producción de lactato <sup>(49)</sup>. Fritzsche et al. demostró que la potencia muscular durante el *sprint* en cicloergómetro decae de manera proporcional al aumento de la temperatura corporal (Figura 1.4). <sup>(50)</sup>

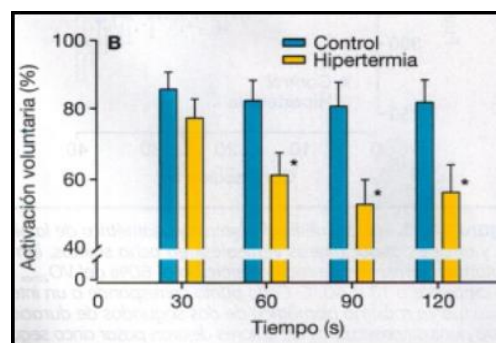


Figura 1.4. Evolución de la fuerza isométrica de extensión de la pierna y de la activación voluntaria en porcentaje del valor máximo determinada por "twitch interpolation" cada 30 segundos durante una contracción isométrica máxima sostenida de dos minutos de duración. <sup>(51)</sup>

En el estudio llevado a cabo por Mohr et al. <sup>(52)</sup> observaron que la distancia total recorrida y la intensidad a la que se recorría era mucho menor en los jugadores de fútbol que disputaban el partido en ambientes calurosos (43°) a los que lo jugaban en ambientes templados (21°). La distancia recorrida disminuyó un 7% y a alta intensidad (>14 Km/h) disminuyó en un 26% en comparación con el ambiente templado.

#### **1.6.4.3 La deshidratación:**

La deshidratación se asocia con la degradación del rendimiento aeróbico y un aumento del trabajo cardíaco. Cuando el déficit de agua en el cuerpo supera el 2% del peso corporal, puede condicionar negativamente el rendimiento físico y debilitar la función cognitiva de los atletas, como su percepción y tiempo de reacción a los estímulos de juego. <sup>(53)</sup> Competencia con gran importancia en el Fútbol-Sala, donde

destaca la gran demanda cognitiva que implica ser capaz de tomar decisiones en el menor tiempo posible arraigado a su intenso dinamismo. <sup>(54)</sup>

Por consiguiente, se ha especulado con que la hiperhidratación tenga potenciales efectos beneficiosos, ya que la deshidratación es negativa para el rendimiento. Sin embargo, los resultados de estos estudios no obtienen resultados significativos y se muestran controvertidos, lo cual puede ser debido a gran número de factores, entre ellos los diferentes ambientes, intensidades del ejercicio y la duración. <sup>(21)</sup>

#### ***1.6.4.4 Ingesta de hidratos de carbono (Dieta-Nutrición):***

La ingesta adecuada de hidratos de carbono antes y durante el esfuerzo de alta intensidad repetidos puede producir una mejora en el rendimiento y una mejora en la capacidad para generar potencia máxima (capacidad de *sprint* y acciones explosivas). <sup>(20)</sup> <sup>(50)</sup> Su ingesta permite mantener niveles mayores de glucosa plasmática, retrasando así la aparición de hipoglucemia, aumenta la concentración plasmática de insulina y disminuye la concentración plasmática de ácidos grasos debido a una menor activación de la lipólisis y la menor oxidación de ácidos grasos durante el ejercicio. <sup>(21)</sup>

Un suplemento de carbohidratos limita la actividad del triptófano (TRP) y prolonga el ciclo de ejercicio a máxima capacidad aeróbica. Al contrarrestar el aumento de TRP inducido por el ejercicio, limita la síntesis de serotonina en el cerebro. <sup>(26)</sup>

En el estudio realizado por Dannecker et al. <sup>(55)</sup> testaron los efectos de una dieta controlada con ayunos de 8 horas previas a las sesiones de medición de variables de daño muscular inducido por el ejercicio. Los resultados, aunque parece ser que el ayuno ofrece efectos beneficiosos en los marcadores de inflamación y estrés oxidativo, no inhiben los signos y síntomas del daño muscular inducido por el ejercicio.

Hasta el año 2014, la relación entre el ejercicio físico y el aporte energético en adolescentes entrenados permanecía inexplorada hasta que Thivel et al. <sup>(56)</sup> lo estudiaron en jugadores profesionales de Rugby. Demostraron que la ingesta de alimentos era mayor tras una sesión diferente al deporte que los jugadores están acostumbrados a practicar, con idénticas demandas energéticas. Esto demuestra que los sujetos estudiados, regulan su ingesta energética diferentemente dependiendo de la naturaleza del entrenamiento, independientemente de cual sea la demanda energética. Ello nos lleva a pensar en la importancia que puede suponer una



educación nutricional en los jóvenes deportistas como parte de su programa de entrenamiento para optimizar su rendimiento evitando trastornos de la alimentación.

#### **1.6.4.5 La cafeína:**

La cafeína actúa acrecentando los niveles sarcoplasmáticos de  $\text{Ca}^{2+}$ , lo cual conduce a la apertura de más canales de  $\text{Ca}^{2+}$  en el RS, contribuyendo así a mejorar los mecanismos de contracción muscular. <sup>(21)</sup> Además, su ingesta está relacionada con la estimulación del SNC, lo que podría aumentar el rendimiento deportivo. La cafeína estimula la liberación de epinefrina desde la glándula adrenal, que junto con la estimulación del SNC, mejora procesos fisiológicos como la función cardiovascular y la utilización de ácidos grasos libres como combustible, a favor de preservar las reservas de glucógeno. La cafeína a nivel del SNC, incrementa el nivel de alerta del individuo. <sup>(20) (57)</sup> Por otra parte, se ha sugerido que la cafeína pudiera aumentar el rendimiento físico al disminuir la percepción subjetiva de esfuerzo. <sup>(58)</sup>

#### **1.6.5 Repercusión funcional de la fatiga.**

El impacto de la fatiga no se ciñe únicamente en una disminución en la capacidad de producir o generar fuerza, sino que ello se extrapola a la habilidad de la persona para desarrollar acciones sutiles y controladas viéndose limitada debido a la fatiga. <sup>(54)</sup> Al fin y al cabo, la consecuencia inevitable de la fatiga y su alteración en el proceso neuromuscular tanto centralmente como periféricamente, es un detrimento en aspectos de rendimiento y desarrollo del movimiento. <sup>(55) (56)</sup>

Algunos ejemplos específicos en los cambios neuromusculares observados en la fatiga son: alteración en los patrones de actividad muscular, incremento en la fluctuación de la fuerza isométrica y movimiento dinámico alterado en MMII. <sup>(54-56)</sup>

La fatiga muscular localiza, causa un incremento del balanceo postural durante la posición en bipedestación estática. Esto se puede llevar a los gestos dinámicos, en los que, aparecerán estrategias de compensación para evitar la caída, viéndose disminuido con ello la funcionalidad del gesto deportivo y la capacidad de responder a las perturbaciones y desequilibrios con lo cual se ve aumento de riesgo lesional. <sup>(59)</sup> <sup>(60)</sup> Inherente a la fatiga, la propia disminución de la capacidad para producir fuerza muscular, puede incrementar la predisposición a la lesión en los MMII. <sup>(20)</sup>

La fatiga inducida por el ejercicio conlleva una pérdida progresiva en la variabilidad de gestos de movimiento y patrones de activación muscular en acciones dinámicas, lo cual conduce a través de una declinación funcional y disminución en el control y coordinación del movimiento a una disminución del rendimiento e incremento en la posibilidad de sufrir lesiones. <sup>(61)</sup>

Russell et al. <sup>(62)</sup> examinaron los efectos de la fatiga inducida por el ejercicio inherente a un partido de fútbol en la realización de *skills* o habilidades futbolísticas durante la simulación de un partido en 15 futbolistas con una media de edad de 18 años. Finalmente concluyeron que los ejercicios específicos de la práctica del fútbol influenciaron en la calidad de la realización de aspectos técnicos y ejecución en la motricidad gruesa de las habilidades como la velocidad de pase o la precisión del disparo a portería. Los mecanismos involucrados parecen tener un origen multifacetario, donde el daño muscular puede influir a la propiocepción y al transporte de glucosa a los músculos activos; sin embargo, el compromiso de los niveles de glucógeno en las fibras musculares específicas, la hipohidratación y la reducción de la concentración de glucosa en sangre son propuestos como posibles contribuidores. La glucosa es la principal fuente de energía para el metabolismo cerebral. Es plausible por lo tanto, que el ejercicio cause un deterioro en las habilidades técnicas debido a la reducción de la integridad del SNC. <sup>(62)</sup>

Se llega a la conclusión que el proceso de fatiga es debido a un fenómeno multifacetario derivado desde las vías neuromusculares, contráctiles y metabólicas. <sup>(63)</sup> La regulación integral del conjunto de factores periféricos junto con la regulación central, explican el ritmo de recuperación del desempeño físico. <sup>(9)</sup>

## **1.7 DOLOR MUSCULAR TARDÍO Y EJERCICIO EXCÉNTRICO.**

La realización de ejercicio físico de manera desacostumbrada o a un nivel de intensidad mayor al habitual, tanto en atletas noveles como de élite, particularmente que incorpore ejercicios excéntricos, deriva en la producción de daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE). <sup>(44)</sup> <sup>(64-69)</sup> A este evento se le asocia como “síntomas” una serie de marcadores indirectos, estos son: disminución en la producción de fuerza máxima, rigidez muscular con reducción del rango de movimiento (ROM) y sensación molesta o dolorosa localizada. <sup>(65)</sup> <sup>(70)</sup>

El ejercicio con repetidas demandas excéntricas en la musculatura provoca un alto estrés mecánico en los elementos estructurales que puede dañar la célula muscular en términos de perturbar la estructura y componentes del citoesqueleto, la pérdida de desmina, y permeabilización de la membrana plasmática de la célula muscular. El daño estructural al sarcolema o a las membranas del RS, debido a las altas tensiones mecánicas, provocan cambios metabólicos que favorecen la pérdida de la homeostasis iónica de  $\text{Ca}^{2+}$  infiriendo en la contracción muscular y en especial en la relajación muscular. <sup>(65)</sup> Cuando la fibra muscular está siendo elongada en una tarea excéntrica, la actividad de enlace actina-miosina se rompe mecánicamente en lugar de someterse a reacoplamiento y separación dependiente de ATP. <sup>(67)</sup>

Tras el ejercicio, e incluso en unos días posteriores al mismo, el deportista puede percibir una sensación molesta o dolorosa localizada, se trata de DOMS. <sup>(21) (67) (68)</sup>

El dolor muscular tardío (DOMS, “*delayed onset muscle soreness*”) más conocido como “agujetas” es el dolor que aparece en regiones musculares sometidas a esfuerzo horas después de la finalización del ejercicio, alcanzando su máxima intensidad entre las 24 y las 72 horas y que puede no desaparecer hasta los 5-7 días post-ejercicio. Una de las características es que el DOMS es mayor después del ejercicio excéntrico que tras el concéntrico evidenciándose su naturaleza tarea-dependiente. <sup>(67) (68)</sup>

Como principal característica del DOMS y reconocida por el propio deportista, es la hipersensibilidad, la cual se manifiesta por una reducción del umbral del dolor a la estimulación mecánica, es por ello que un estímulo normalmente inocuo, como una activación o estiramiento del músculo o una ligera presión, desencadena sensación dolorosa, es a lo que se denomina alodinea mecánica. Por otro lado, el DOMS no se expresa como dolor en reposo, a diferencia del dolor de origen inflamatorio. <sup>(21)</sup>

La explicación para el daño muscular inducido por el ejercicio permanece poco clara. No obstante, la teoría más aceptada señala directamente a la alta tensión mecánica experimentada por la miofibrilla durante la contracción excéntrica y a los cambios metabólicos que empujan a la pérdida de la homeostasis celular, particularmente debido a la alta concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular. <sup>(70) (71)</sup>

Se han propuesto varias hipótesis con el objetivo de intentar explicar este fenómeno, agrupadas en cuatro teorías:

### **1) Teoría metabólica:**

Esta teoría vincula la producción de lactato con el DOMS. Si bien es cierto que cuanto mayor es la intensidad de las contracciones musculares en el ejercicio de alta intensidad, mayor es la producción de lactato, no existe sin embargo, ninguna evidencia científica que avale la cristalización del ácido láctico en los músculos. <sup>(72)</sup>

A la pregunta: ¿Puede la acumulación de ácido láctico causar dolor muscular? La respuesta se orienta de forma clara: El ejercicio anaeróbico conlleva acumulación de ácido láctico dentro del músculo esquelético, que es eliminado por la microcirculación, y puede detectarse en la sangre. Aunque los cambios en la intensidad del ejercicio, en los cuales se detecta el ácido láctico (el denominado "umbral del ácido láctico") indica una mejora en la condición del entrenamiento del individuo, el propio ácido láctico tiene un efecto directo muy pequeño sobre el músculo -ciertamente esto no causa irritación muscular. La irritación se produce por el daño del propio tejido. La ligera disminución del pH como resultado de la acumulación de ácido láctico puede causar una pequeña disminución en la fuerza producida por los puentes cruzados de miosina, pero esto no es doloroso. <sup>(72)</sup>

La sensibilización de nociceptores y mecanorreceptores es otro mecanismo mediante el cual los productos del metabolismo de la actividad muscular y el ejercicio podrían ser responsables de la aparición del DOMS. <sup>(21) (73)</sup>

### **2) Teoría mecánica:**

Esta teoría se sustenta en la observación de que el DOMS aparece más fácilmente si el músculo se contrae excéntricamente. Las contracciones musculares excéntricas generan tensiones muy elevadas en el músculo, cuya repetición ocasiona la ruptura de estructuras musculares en forma de microlesiones como ruptura del sarcolema y destrucción de fibras de colágeno. En resumen, la lesión y la consiguiente sensación subjetiva dolorosa se producen como consecuencia de un nivel de sollicitación mecánica que supera la resistencia mecánica de las estructuras musculares. <sup>(68)</sup>

### **3) Teoría inflamatoria:**

A los cambios señalados anteriormente en la teoría mecánica, se acompaña de un infiltrado inflamatorio que se desarrolla entre uno y tres días del ejercicio excéntrico. La activación de enzimas lisosomales de los fagocitos y plaquetas, junto con la

liberación de radicales libres, serían los principales responsables del empeoramiento de la lesión en los días siguientes al ejercicio, de ahí que la sensación molesta o dolorosa se prolongue en el tiempo desde acontecer el ejercicio. <sup>(68)</sup>

#### **4) Teoría neurogénica:**

El DOMS se debe a una alteración en la interpretación de las sensaciones por SNC, de tal manera que los estímulos mecánicos, no dolorosos, son interpretados como dolorosos. Las lesiones mecánicas y respuestas inflamatorias activan los receptores tipo III y IV, las cuales mantienen la sensación de DOMS llegando a 5-7 días post-ejercicio. <sup>(68)</sup>

Aun existiendo cuatro teorías con sus respectivos defensores, el consenso general de los investigadores defiende hoy en día el modelo integrador propuesto por Armstrong en 1984 <sup>(70)</sup> en el cual ninguna teoría puede explicar por sí sola la aparición del DOMS. Se cree que el DOMS inducido por el ejercicio, en especial el excéntrico, es iniciado por factores mecánicos, sin embargo, otros factores como por ejemplo la depleción metabólica puede iniciar o contribuir al proceso dañino. <sup>(44)</sup>

#### **1.7.1 Repercusión funcional del DOMS.**

Ante el proceso encadenado de ejercicio excéntrico intenso, el DMIE y el resultante DOMS, se provoca una afectación del rendimiento deportivo debido a la disminución del rango de movimiento, rigidez, pérdida de fuerza y alteración en la secuencia y reclutamiento de patrones motores. <sup>(67) (69) (70)</sup>

En la práctica deportiva, estos fenómenos limitantes se ven “compensados” por mecanismos compensatorios que derivan en un estrés desacostumbrado, no solo a nivel muscular, sino también en ligamentos y tendones, lo cual incrementa el riesgo de sufrir lesiones si la vuelta a la práctica deportiva es prematura, sin que haya pasado el tiempo necesario de recuperación tras el ejercicio. <sup>(69)</sup>

Se ha propuesto que la rigidez pueda ser debida a un ligero aumento temporal de la concentración intracelular de  $\text{Ca}^{2+}$ , debido a lesiones en el sarcolema de algunas fibras musculares. Sin embargo, también se da protagonismo a mecanismos neurales de tipo reflejo, en respuesta al dolor. <sup>(70)</sup>

En relación a la pérdida de fuerza, se ha responsabilizado a la desorganización de los filamentos de desmina y timina u otras lesiones en el sistema de transmisión de la tensión, traducidos en alteraciones en la transmisión del potencial de acción y en el acoplamiento entre excitación y contracción. Esta pérdida de fuerza se asocia además a una alteración del control de movimiento. <sup>(74)</sup> Por otro lado, el dolor producido por los mediadores de la inflamación, o por la expulsión de catabolitos durante y/o después de ejercicios excéntricos, podrían disminuir la intensidad de la señal de salida corticoespinal tanto a nivel espinal, como supraespinal, y reducir la activación de las motoneuronas alfa. <sup>(75)</sup>

Todos esos efectos ante el ejercicio intenso, se van a traducir en una disminución del rendimiento deportivo debido a las micro-lesiones que se acompañan al ejercicio excéntrico. Por ejemplo se asocia a una disminución de la economía de carrera debido a respuestas compensatorias a la reducción del rango de movimiento <sup>(69)</sup> <sup>(76)</sup> <sup>(77)</sup>. Como mecanismos que contribuyen se encuentran: dolor muscular, pérdida de fuerza isométrica y dinámica, disminución de la potencia muscular máxima y de la capacidad anaeróbica y disminución de la velocidad de resíntesis de glucógeno muscular. <sup>(70)</sup>

En el ámbito de la investigación científica, el dolor muscular tardío o DOMS, es el marcador de daño muscular inducido por el ejercicio más usado en los estudios con humanos debido a su buena correlación con el DMIE, a pesar de la subjetividad con la que cada sujeto lo expresa. <sup>(44)</sup> <sup>(78)</sup>

En el estudio realizado por Iguchi y Shields, <sup>(67)</sup> compararon los efectos de una tarea concéntrica y una excéntrica en dos grupos de participantes. Observaron que la fatiga fue mayor tras el protocolo concéntrico que tras el protocolo excéntrico. Sin embargo, el DOMS fue superior al 100% mayor en el protocolo excéntrico. Esos resultados indican la independencia entre los eventos del DOMS y los eventos que contribuyen a la fatiga. La explicación reside en su origen, ya que la fatiga es un proceso fisiológico a diferencia del daño muscular inducido por el ejercicio (y el dolor o molestia subsecuente), ambos pueden coexistir en el sujeto, pero también se pueden dar de forma independiente uno del otro. La diferenciación radica en que las contracciones concéntricas tienen una mayor facturación metabólica, mientras que las contracciones excéntricas son mecánicamente más estresantes.

Un ejemplo más es el estudio realizado en el 2013, por un equipo formado por 6 fisioterapeutas, <sup>(79)</sup> analizaron la fuerza muscular y el índice de fatiga de los extensores y flexores de rodilla en jugadores profesionales de fútbol, en relación con el posicionamiento en el campo. Su mayor evidencia fue que el índice de fatiga era mayor en los flexores de rodilla tanto en la pierna dominante como en la no dominante, en comparación con el índice de fatiga de los extensores. Esto parece relacionarse con lo anunciado anteriormente, donde la demanda excéntrica característica en deportes con cambios de sentido y aceleración-deceleración se ve unida a una menor fatiga que en comparación a las contracciones concéntricas de los flexores de rodilla envueltos en actividades como el pase o tiro a portería.

### **1.7.2 Prevención y tratamiento del DOMS.**

La adaptación progresiva al ejercicio con una continuada adecuación de las cargas de entrenamiento, o lo que es lo mismo, evitar cambios bruscos en el volumen, intensidad o tipo de los ejercicios, constituye el mejor remedio para la prevención del DOMS. <sup>(21)</sup>

El ejercicio con demandas excéntricas o actividades de nueva implantación deben ser introducidas progresivamente y de manera mantenida, con el objetivo de facilitar una adaptación al mismo. <sup>(69)</sup>

Un motivo esencial para introducir el ejercicio excéntrico en el entrenamiento es la evolución mediante el principio de sobrecarga observada con este tipo de demanda. La evidencia científica ha demostrado las mayores respuestas adaptativas y mejores resultados del ejercicio excéntrico, en comparación al ejercicio concéntrico, lo cual conduce en último término a un mejor rendimiento en la práctica deportiva en menor tiempo. Esas adaptaciones parecen estar relacionadas con una mayor eficiencia en los patrones de reclutamiento de unidades motoras. <sup>(80)</sup>

Bien es cierto que no es posible controlar al 100% toda solicitud al deportista en todo momento, un claro ejemplo de ello son los partidos de competición donde el jugador se guía por dar el máximo en su rendimiento. Es por ello que la prevención del DMIE y el DOMS no es factible. Ahí es donde nace la necesidad de acelerar lo máximo posible la disminución de esos condicionantes del rendimiento del deportista por medio de intervenciones externas al propio proceso de recuperación muscular. Es a lo que se conoce como Estrategias de Recuperación (ER). <sup>(71)</sup>

En relación a métodos o ER tras el ejercicio, la mayoría de los estudios indican que la laserterapia, los ultrasonidos, la acupuntura y la crioterapia inmediatamente después del ejercicio carecen de efectos sobre el proceso de recuperación. <sup>(71)</sup>

Una ER digna de mencionar son los masajes, método ampliamente utilizado, donde sin embargo, se ha encontrado resultados contradictorios, aunque la mayor conclusión es una falta de eficacia. <sup>(68)</sup> Un motivo de la falta de aceptación y consenso por parte de los investigadores son las diferentes duraciones y técnicas de tratamiento que imposibilitan establecer conclusiones bajo una misma homogeneidad. <sup>(68)</sup>

Por ejemplo, Hilbert et al. <sup>(68)</sup> investigaron los efectos fisiológicos y psicológicos del *Masaje Suizo Clásico* en el DOMS. Encontraron que el masaje realizado 2 horas después del ejercicio excéntrico no modificó el contenido de neutrófilos circulantes, torque pico, ni ROM. Esto sugiere que el daño muscular inducido por la inflamación no es atenuado. Sin embargo, si encontraron cambios en la percepción de la intensidad del dolor tras las 48 horas en aquellos que había recibido masaje.

Resultados similares fueron descritos por Zainuddin et al. <sup>(81)</sup> donde el masaje fue efectivo para aliviar la sensación dolorosa, pero no tuvo efectos en la función muscular (fuerza muscular y ROM). El incremento en el flujo sanguíneo por el masaje, y el afluente de oxígeno y otras sustancias necesarias para la regeneración del daño tisular parece no ser lo suficientemente efectivo cuando el objetivo para los entrenadores y deportistas es recuperar la función muscular.

Por otro lado, en el 2014, Han et al. <sup>(82)</sup> evaluaron los efectos del masaje terapéutico en los gastronemios, tomando como variables el DOMS y la marcha, entendiendo sus parámetros espacio-temporales como marcadores indirectos de la recuperación funcional, tras el ejercicio. Se observaron cambios significativos beneficiosos tanto en la sensación de dolor como en los parámetros de la marcha. Por lo que concluyeron con el apoyo del masaje como ER tras el ejercicio.

## **1.8 EL ENTRENAMIENTO.**

### **1.8.1 Características del entrenamiento.**

Para alcanzar el éxito en el Fútbol-Sala profesional, los entrenamientos intensivos son necesarios para mejorar el rendimiento. <sup>(30)</sup>



El objetivo principal del entrenamiento es optimizar el rendimiento deportivo, el cual depende tanto de las capacidades físicas como de factores relacionados con la ejecución técnica y táctica. <sup>(30)</sup>

El entrenamiento se administra en unidades de actividad que reciben el nombre de *sesión de entrenamiento*. Al conjunto de sesiones de entrenamiento se le denomina *programa de entrenamiento*. Al evento final buscado constituyente en un aumento de la capacidad de rendimiento respecto a la sesión de entrenamiento anterior, se conoce como fenómeno de *supercompensación* o *sobrecompensación*. <sup>(30) (39)</sup>

La supercompensación se debe a un cambio funcional y/o estructural en el organismo que aumenta la reserva funcional y/o la capacidad máxima de rendimiento. A estos cambios se les denomina adaptaciones fisiológicas al programa de entrenamiento. <sup>(39)</sup>

En los deportes de equipo como el Fútbol-Sala hay que tener presente que un mismo programa de entrenamiento no es igual de eficaz en todos los sujetos. Esto es debido al condicionamiento impuesto por factores genéticos, la edad, el género y la historia previa de entrenamiento de cada jugador. <sup>(15) (16)</sup>

Las características modificables por el entrenador y equipo técnico más importantes de la sesión de entrenamiento son la intensidad y el volumen. Aunque también se ven influidos por la distribución de los ejercicios a lo largo de la sesión, la hora del día en la que se entrena, la alimentación e ingesta de líquidos antes, durante y después de la sesión, distancia a la última ingesta de alimento, la frecuencia con la que se realizan las sesiones de entrenamiento, así como el tiempo de descanso entre sesiones durante la semana. <sup>(16) (30) (39)</sup>

Con la intención de conocer si la sesión de entrenamiento va bien encaminada hacia el objetivo, se ha intentado cuantificar la carga que un determinado estímulo supone. A esta forma de expresar la carga de entrenamiento se le denomina *carga externa*, establecida por la duración y la intensidad del entrenamiento. <sup>(30)</sup>

Sin embargo, la determinación de la carga externa es de escasa utilidad, puesto que la respuesta adaptativa al entrenamiento depende de la *carga interna*, es decir, de las alteraciones en la homeostasis interna del deportista debido al estrés fisiológico al que se somete su organismo de forma holística. <sup>(30)</sup>

Para solventar esta necesidad de conocimiento, se han propuesto procedimientos para expresar la carga interna, basados inexorablemente en la puntuación subjetiva de la percepción de fatiga o esfuerzo como el *Rating of Perceived Exertion* (RPE) usando una escala de categórica llamada *CR10-Scale*. <sup>(21)</sup>

La carga total de entrenamiento se calcula como el producto de la RPE global de la sesión de entrenamiento por la duración de la misma en minutos, siendo Unidades Arbitrarias (UA) la unidad de medida. <sup>(30) (33) (83) (84) (85)</sup> Este método se ha mostrado especialmente útil en deportes de equipo como el fútbol. <sup>(12) (84) (86)</sup>

El control preciso de la carga de entrenamiento y las respuestas individuales al entrenamiento es esencial para maximizar las adaptaciones que se presentan como objetivo para mejorar el rendimiento. <sup>(12)</sup>

El programa de entrenamiento eficaz es aquel que es progresivo en su demanda, específico e individualizado, adaptado a las características de cada sujeto. <sup>(21)</sup>

El incremento progresivo en las cargas se obtiene introduciendo cambios en parámetros como el volumen (la cantidad total de actividad realizada), intensidad (el componente cualitativo del ejercicio) y la frecuencia (el número de sesiones en un periodo de tiempo) del entrenamiento. Aunque para ello, es fundamental el correspondiente descanso entre sesiones y una dosificación controlada en lo posible por el entrenador y equipo técnico. <sup>(16) (30) (31)</sup>

Si ese descanso y progresión controlada no se respeta, con cargas de entrenamiento mantenidas, especialmente si son altas y sin el suficiente descanso, pueden conducir a través de una mal adaptación a la fatiga y/o lesiones. <sup>(16)</sup> Es por ello que además, al programa de entrenamiento, se le debe combinar un periodo de recuperación suficiente, lo cual favorezca el efecto de supercompensación. <sup>(30)</sup> De esa idea se traduce que un estructurado y apropiado programa de entrenamiento puede actuar como una primera, anticipada y útil contramedida a la fatiga. <sup>(20)</sup>

Por otro lado, de forma posterior, una correcta ER tras la competición o el entrenamiento, contribuirá a no disminuir el rendimiento y a prevenir lesiones. <sup>(87)</sup>

Teóricamente, el ritmo de recuperación post-ejercicio es relacionado con la extensión de carga impuesta a los sistemas fisiológicos y neuromusculares por el ejercicio. <sup>(88)</sup>

Aun así, los atletas se adaptan de manera diferente al aumento de la carga de entrenamiento; el impacto de un aumento de exigencia puede ser mayor si la suficiente recuperación no la ha seguido, por ejemplo, debido a una falta de sueño. <sup>(89)</sup>

El ritmo de entrenamiento y competición deportiva, agravado o no por una pobre recuperación podría desencadenar, no solo a un descenso en el rendimiento a corto plazo, sino, en un síndrome de sobreentrenamiento. <sup>(87) (89)</sup>

### 1.8.2 Sobreentrenamiento.

Por *sobreentrenamiento* se define al estado caracterizado por el empeoramiento importante de la capacidad de rendimiento a pesar de seguir entrenando, González-Boto lo define como un estado que disminuye el rendimiento de los deportistas sin que estén aparentemente, inmersos en un cuadro de lesión o de enfermedad. <sup>(90)</sup>

El sobreentrenamiento se caracteriza por la persistencia del detrimento de la capacidad de rendimiento a pesar de disminuir considerablemente el estímulo que supone el entrenamiento. <sup>(89)</sup>

Se ha denominado “*síndrome de sobreentrenamiento*” al conjunto de síntomas observados en los deportistas bajo estas condiciones. Sin embargo, los síntomas observados entre los sujetos se muestran contrapuestos, por ejemplo pueden sufrir insomnio o hipersomnia, apatía o irritabilidad, bradicardia o taquicardia, etc. Debido a la falta de consenso, con sintomatología tan inespecífica, no se han podido establecer criterios diagnósticos rotundamente aceptados por la comunidad científica. <sup>(21)</sup>

El estrés físico y mental de los entrenamientos, competiciones y factores que constituyen la forma de vida del deportista de élite como son los largos desplazamientos hasta el lugar del partido, han sido señalados como las mayores causas de sobreentrenamiento y disminución del rendimiento en el deporte. <sup>(89)</sup>

Un factor que contribuye de carácter sumatorio y progresivo al sobreentrenamiento es la propia naturaleza intermitente y dinámica del Fútbol-Sala. Los breves periodos de recuperación entre los esfuerzos físicos durante entrenamientos y partidos de competición hacen que la fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio adquieran la propiedad acumulativa, siendo mayor la necesidad de romper ese crecimiento exponencial mediante estrategias de recuperación. <sup>(9) (89)</sup>

## 1.9 ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN FUNCIONAL.

Kellman y Kallus <sup>(89)</sup> definen *recuperación* como: *Un proceso temporalizado inter-individual e intra-individual multisectorial (psicológico, fisiológico y social) que busca restablecer el rendimiento de habilidades.*

Acelerar artificialmente el curso temporal natural del proceso de regeneración post-ejercicio mediante estrategias o modalidades de recuperación es importantes en la preparación de los entrenamientos y competiciones para mantener el rendimiento óptimo lo cual puede determinar el éxito o fracaso deportivo. <sup>(9) (17) (18) (89)</sup> Es por ello que los métodos de recuperación deberían contemplarse como una parte integral del proceso de entrenamiento. <sup>(91)</sup>

### 1.9.1 Componente psicológico en el proceso de recuperación.

En toda actividad física y en mayor medida en el deporte de élite, existe un componente psicológico que puede disminuir pero también puede mejorar el rendimiento. En esos niveles de competición, una estrategia y protocolo de recuperación que puede dar buenos resultados en un jugador, puede no tener ninguna percepción beneficiosa en otro. La percepción de beneficio psicológico de usar una estrategia o técnica familiar con buenos resultados previos o en momentos puntuales de gran valor en la competición, puede tener una gran influencia en el rendimiento que tal vez difiera del beneficio fisiológico real de la técnica. <sup>(92)</sup> Es por ello, que la faceta de los esquemas y recuperación mental unida a la disposición física componen la unidad del deportista ante la exigencia del evento deportivo. <sup>(89)</sup>

La base sólida del componente psicológico en el deporte de elite se asienta en la evidencia de la discrepancia temporal entre marcadores fisiológicos, centrados en el papel periférico de la recuperación y los datos funcionales de recuperación que informan del rendimiento, que hacen pensar en factores más centrales (SNC) a la hora de recuperar el óptimo rendimiento y con ello en otras estrategias de recuperación. <sup>(93)</sup>

### 1.9.2 Diferentes estrategias de recuperación empleadas en el Fútbol-Sala.

En el Fútbol-Sala y otros deportes, son múltiples las ER empleadas. Estas engloban métodos basadas en recuperación activa mediante ejercicios aeróbicos de baja intensidad, estiramientos, crioterapia o baños de contraste. A pesar de ello, no existe

evidencia empírica en la literatura científica que determine qué ER es más eficaz en la recuperación de los deportistas para cada modalidad específica, para integrar las demandas propias de cada deporte en su nivel de competición. <sup>(87)</sup> <sup>(89)</sup>

Por ejemplo, el estudio realizado por Bahnert et al. <sup>(18)</sup> propuso estudiar la asociación entre diferentes protocolos de recuperación post partido (estiramientos, estiramientos en piscina, recuperación activa en bici, recuperación activa en piscina, inmersión en agua fría y uso de vendaje compresivo) y la recuperación psicológica percibida y rendimiento físico en 44 futbolistas de élite durante su periodo de competición. Se concluyó que a pesar de que la inmersión en agua fría puede ayudar a mejorar la percepción de recuperación, ninguna ER específica fue asociada con la mejora de recuperación del rendimiento físico.

Otras ER que son utilizadas haciendo ver el entorno multidisciplinario del deporte son las farmacológicas (por ej.: Antiinflamatorios no esteroideos) las nutricionales (por ej.: suplementos dietéticos) y las pasivas (sueño y descanso). <sup>(91)</sup>

Dormir es la forma más básica e importante de recuperación pasiva que puede adoptar el deportista; 7-9 horas de sueño proporciona el tiempo para la adaptación física, neurológica, inmunológica y emocional de los jugadores. En los deportes colectivos el principal efecto relacionado con la pérdida de sueño es el descenso en la capacidad de toma de decisiones. Por el contrario, un sueño excesivamente largo puede tener efectos perjudiciales sobre el rendimiento por disminución de la actividad del SNC llevando a un incremento de los niveles de melatonina que podrían inducir en el deportista una sensación de lentitud y letargo. <sup>(91)</sup>

Las alteraciones del sueño (cantidad y/o calidad) pueden poner en peligro el rendimiento cognitivo del deportista o sus capacidades para el ejercicio e incrementar el riesgo de lesiones inducidas por el ejercicio. Este riesgo se ve aumentado debido al detrimento de la propiocepción, control postural y tiempo de reacción observado después de la disminución en el sueño. También una alteración del sueño, puede perjudicar la recuperación funcional de la musculatura. Se ha observado que 8 horas de privación del sueño, disminuye la actividad reguladora de las vías de proteínas sintetizadoras que reparan el daño muscular. Por todo ello, la alteración del sueño debe considerarse como un factor de riesgo para las lesiones inducidas por el ejercicio. <sup>(94)</sup>

Una hipótesis defiende que la privación del sueño de forma aguda puede afectar al ejercicio mediante cambios inmuno-inflamatorios. En particular se ha observado que una restricción del sueño incrementa la concentración de citoquinas pro-inflamatorias, GH y testosterona después del ejercicio físico. <sup>(94)</sup>

La práctica de la siesta es un método alternativo útil en la recuperación post ejercicio, siempre y cuando no trastorne los hábitos habituales de sueño del deportista. Se han descrito efectos positivos de la siesta sobre habilidades cognitivas, pudiendo ser beneficiosa para el aprendizaje y adquisición técnica, táctica o estratégica, así como mejorar la velocidad de respuesta ante los estímulos del deporte. <sup>(95)</sup>

En la dosificación de los entrenamientos por el equipo técnico es fundamental la correcta gestión de los días de descanso. Aun así, el participar en varias competiciones durante la temporada condiciona que los partidos no siempre cuadren con lo que debería ser el periodo de descanso de los jugadores. No obstante, se recomienda un día completo de descanso por cada semana de entrenamiento. <sup>(91)</sup>

### **1.9.3 Evidencia sobre diferentes estrategias de recuperación post-ejercicio.**

En el año 2012, Torres et al. <sup>(71)</sup> realizaron un meta análisis sobre la evidencia existente de diferentes intervenciones fisioterapéuticas usadas normalmente después de la fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio físico, provocado por el ejercicio extenuante y/o desacostumbrado, involucrando principalmente la acción muscular excéntrica. 35 estudios fueron incluidos de los cuales 9 analizaban los efectos del masaje, 10 examinaban los efectos de la crioterapia, 9 investigaban los efectos del estiramiento y siete se centraban en la intervención con ejercicio de baja intensidad. El masaje fue descrita como la única intervención con efectos positivos, reduciendo el “dolor muscular” a las 24 horas una media de 0,33 cm en los 10 cm de la Escala Visual Analógica (EVA), e incrementando la recuperación muscular, medida a través de la fuerza generada; sin embargo, los efectos son demasiados pequeños para ser clínicamente relevantes. Por otra parte, señalan la falta de evidencia científica que soporte el uso de crioterapia, así como el uso de los estiramientos y de los ejercicios de baja intensidad. Sin embargo dentro de los estudios incluidos en el meta análisis, se encuentran resultados contradictorios, aunque en el conjunto se lleve a apoyar con evidencia el uso o no del método cuestionado.

Como ejemplo de ello es el estudio de Ascensao et al. <sup>(96)</sup> con una puntuación de 6/10 en la escala de calidad metodológica PEDro, ocupando el segundo puesto en calidad metodológica de los estudios que componían el meta análisis. Al estudiar los efectos de una única sesión de inmersión en agua fría después de un partido de fútbol en jóvenes deportistas (18.1 años como media de edad), los resultados sugirieron que ese método post ejercicio reducía el daño muscular, con una menor percepción de dolor en el cuádriceps, contribuyendo posiblemente a una más rápida recuperación de la función neuromuscular.

La explicación radica en que la crioterapia induce una reducción en la permeabilidad celular, linfática y capilar debido a la vasoconstricción, con lo cual reduce la respuesta inflamatoria ante el daño muscular, y con ello el edema y percepción dolorosa. <sup>(96)</sup>

Por otro lado, el estudio realizado por Sellwood et al. <sup>(92)</sup> que encabezó con un 8/10 en la escala PEDro de calidad metodológica en los estudios incluidos en el meta análisis, concluyeron en la falta de evidencia que soporta el uso de inmersión en agua fría (5 +/- 1°C) tras el daño muscular excéntrico por la falta de diferencias entre las variables entre los grupos de estudio. Es más, el dolor fue el único parámetro influenciado significativamente por el tratamiento en el estudio, que contrariamente a la expectación, la inmersión en agua fría incremento la sensación de dolor tras las 24 horas del ejercicio excéntrico. A diferencia del estudio de Ascensao, utilizan como muestra jóvenes no entrenados, justificando que en deportistas entrenados están más capacitados para no referir DOMS, debido a su entrenamiento y adaptación.

#### **1.9.4 Un enfoque diferente: Técnicas Neurodinámicas.**

Asentado en la base de que el tejido nervioso puede contribuir como fuente directa o indirecta al conjunto de factores implicados que alteran el movimiento normal, la postura y el comportamiento motor, se expone la posibilidad de mostrar al SN como estructura diana del proceso de tratamiento o estrategia de recuperación tras el ejercicio. <sup>(97)</sup>

En comparación con otras técnicas de fisioterapia, las técnicas Neurodinámicas son relativamente nuevas, no siendo hasta la década de los 70` su entrada significativa en la terapia manual. Debido a esta todavía inmadurez, se describe la poca y nueva investigación sobre esta área. <sup>(98)</sup>

La movilización Neuromeníngea (MNM) o neurodinámica es un método específico de estimulación mecánica que puede influir de manera directa en el comportamiento neurobiomecánico y mecanosensitivo del tejido nervioso y de los tejidos que forma su contenido inmediato. <sup>(97) (98)</sup>

Este método focaliza su objetivo en inducir un deslizamiento longitudinal del nervio diana respecto las estructuras circundantes mediante movimientos articulares que elongan el lecho neural entendiéndose por este término el tracto formado por las estructuras que envuelven al nervio. <sup>(98) (99)</sup>

Es por ello que se debe definir como *tejido nervioso* a la organización tisular a la que va dirigida la MNM; tejido formado por los siguientes componentes:

- Neuronal, junto a las células de apoyo, conocidas como células de la glía, constituyen la unidad primaria del sistema nervioso.
- Vascular, responsable de su irrigación.
- Conectivo, con una función neuroprotectora, acompaña al sistema nervioso en toda su extensión. <sup>(97)</sup>

Dentro de las técnicas Neurodinámicas se encuentran varias técnicas como: técnicas de deslizamiento “*sliders*” o técnicas de tensionado “*tensioners*”. <sup>(98)</sup>

La técnica de deslizamiento o “*sliders*” es aquella que mediante la combinación y alternancia de movimientos articulares con los cuales se permite la elongación del lecho neural en un punto articular es simultáneamente acompañada por la reducción en la longitud del lecho neural en un punto articular adyacente, bien distal o proximal, buscando generar movimientos de excursión entre el sistema nervioso y las estructuras no neurales que lo rodean. <sup>(98)</sup>

Estos movimientos de excursión o deslizamiento son movimientos fisiológicos que forman parte de la capacidad del sistema nervioso para adaptarse a la postura y al movimiento del aparato locomotor optimizando su rendimiento y minimizando así el estrés mecánico. <sup>(98) (99)</sup>

Como ventaja de esta técnica, destaca una gran excursión longitudinal del nervio y un aumento mínimo en la tensión del mismo, la cual podría provocar daños estructurales en el caso de compromisos mecánicos. <sup>(98) (99)</sup>



Por otro lado, la técnica de tensionado o “tensioners”, únicamente consiguen el deslizamiento neural moviendo una o varias articulaciones de manera que el lecho neural es elongado. De esta manera la excursión longitudinal del nervio es menor y acarrea mayor estrés mecánico al tejido nervioso. <sup>(98)</sup>

En el estudio realizado por Coppieters et al. <sup>(100)</sup> se evidenció en las estructuras nerviosas de los miembros inferiores que la elongación del lecho neural generado por la técnica Neurodinamica induce el deslizamiento del nervio, cuantificado por un calibre digital. En la investigación llevada a cabo por Coppieters et. al, <sup>(98)</sup> monitorizaron a tiempo real la tensión imprimida al nervio con diferentes técnicas y evidenciaron la excursión longitudinal de los nervios mediano y cubital con un calibrador digital en cadáveres. El estudio concluyó señalando los beneficios de realizar la técnica “*sliders*” siendo la menor agresividad hacia al nervio en comparación con otras técnicas como la de “*tensioners*”.

En cuanto a la forma óptima de realizar la técnica, tanto en intensidad como en tiempo, está guiada por términos y razones de seguridad puesto que no está establecido qué secuencia sea la más óptima. De ello el gran valor que se otorga al continuo feedback de información por parte del sujeto diana durante la realización de la técnica. <sup>(101)</sup> Se ha de tener en cuenta para optimizar el método que el movimiento articular que supere el rango medio, provoca un deslizamiento más rápido del nervio porque existe la tensión suficiente para causar ese movimiento. Cerca del final del rango de movimiento, la cantidad disponible de deslizamiento neural comienza a ser empobrecido, causando que la tensión neural incremente de forma más marcada. <sup>(102)</sup>

#### ***1.9.4.1 Pruebas de provocación neural o Test Neurodinámicos.***

Las *Pruebas de Provocación Neural* o PPN desafían las capacidades físicas del sistema nervioso mediante movimientos multiarticulares de las extremidades y/o tronco y alterar así la longitud y dimensiones del lecho neural conformado por las estructuras anatómicas que rodean a la estructura nerviosa al estimularlo mecánicamente con la intención de obtener una impresión de su movilidad y sensibilidad ante el estrés mecánico y la respuesta fisiológica generada de manera dinámicamente interdependiente. <sup>(102) (103)</sup>

El fisioterapeuta posicionando de forma pasiva la paciente, puede modificar el grado de estrés mecánico de los nervios apoyándose en la premisa de que es posible aplicar una tensión mecánica selectiva a las estructuras neurales, a pesar de que otras estructuras sufran tensión en su aplicación. <sup>(97)</sup>

En el 80-90 % de sujetos sanos, al realizar la prueba de valoración neural o puesta en tensión, al preguntar qué sienten, las respuestas más comunes son: dolor, estiramiento, hormigueos (parestias) o estiramiento profundo. <sup>(104)</sup>

En la mayoría de las personas asintomáticas las PPN producen algún grado de incomodidad o sensación desagradable cuando se lleva al SN a una carga tensil más o menos elevada, en otras palabras, todos partimos de una cierta tensión neural adversa (TNA) la cual no es inamovible. <sup>(97)</sup>

El término de TNA probablemente proviene del Dr. Alf Breig <sup>(105)</sup> y es en los 90' con nuevas publicaciones sobre este nuevo método cuando se afianza.

Como respuesta a esa terminología, Shacklock <sup>(102)</sup> propuso el concepto de *Neurodinamia* para explicar el fallo clave que padecía hasta entonces el enfoque de la tensión neural, ya que los fenómenos clínicos no se podían relacionar únicamente con mecanismos de tensión neural, sino que entraban otros aspectos como respuestas musculares. De esta forma los llamados “test de provocación neural” o “test de tensión neural” pasaron a denominarse “test Neurodinámicas”. Con dicha nomenclatura se muestra y engloba la interdependencia existente entre los fenómenos mecánicos y fisiológicos que pueden acontecer en una valoración del tejido nervioso diana. <sup>(97) (101) (103) (106)</sup>

#### ***1.9.4.2 Neurobiomecánica en el sistema nervioso periférico.***

Es necesario entender al sistema nervioso como un sistema continuo dinámico (Figura 1.5) en el cual, la función mecánica y sensitiva del tejido nervioso forma parte de los factores que contribuyen a la calidad de las funciones del aparato locomotor, a los mecanismos de control motor y postural. Características magnificadas en el deporte de élite. <sup>(97)</sup>

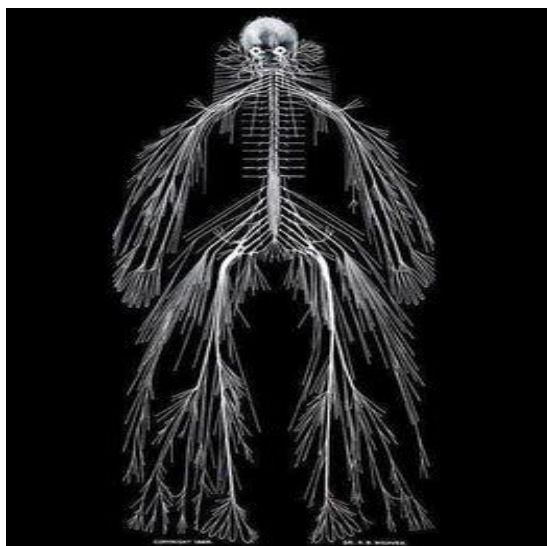


Figura 1.5. Disección del SN realizada por Rufus Weaver, demostrando el concepto de continuidad del SN. (104)

El sistema nervioso, al encontrarse incluido en el continente formado por el aparato musculoesquelético, ha de estar capacitado para modificar y adaptar su forma y dimensión en función de los movimientos y posiciones que este último adopte. Ante el movimiento activo y pasivo, los troncos nerviosos se deforman a fin de adaptarse mecánicamente. Esto es posible a que los troncos nerviosos, cuentan con una gran resistencia mecánica a cargas de tensión longitudinal. <sup>(97)</sup>

Como mecanismos de acción de las técnicas Neurodinámicas y su interdependencia entre respuestas mecánicas y fisiológicas, se encuentran los efectos de mejoría en la presión y circulación intraneural. Alterando de forma dinámica la presión intraneural desemboca en una “acción bombeo” con efectos beneficiosos en la hidratación del nervio. El efecto bombeo, facilita el retorno venoso, disminuye la presión dentro del perineuro así como el flujo sanguíneo post-técnica incrementa la circulación, el transporte axonal, tráfico de impulso nervioso, nutrición y oxigenación del nervio diana y mejora la viscoelasticidad del tejido conectivo neural. <sup>(98) (102) (103)</sup> En resumen, el objetivo de la MNM es mejorar las funciones mecánicas y fisiológicas del nervio.

Entre los posibles riesgos en las aplicaciones de técnicas Neurodinámicas ante las repetitivas, compresivas, tensionales y fuerzas de fricción producidas en las estructuras anatómicamente colindantes por las que pasa la estructura nerviosa, pueden causar irritación mecánica, tras la misma, además, debido a la liberación de sustancias inflamatorias pueden dar lugar a irritaciones químicas de los tejidos neurales. <sup>(103)</sup>

En sujetos sin afectación nerviosa, como es el caso de los participantes en el estudio, el mínimo riesgo de producir lesiones en las estructuras diana se minimiza aún más, pues no existe lesión o compromiso previo del nervio. <sup>(102)</sup> Además los tejidos neurales están bien equipados para tolerar las fuerzas mecánicas generadas durante la posición o movimientos asociados con el día a día o actividades deportivas, existiendo como en todo tejido corporal, un proceso de adaptación ante el gesto o movimiento habitualmente realizado. <sup>(103)</sup> Cuando los mecanismos dinámicos de protección fallan o son excedidos, el resultado es la sintomatología. La inestabilidad articular, la elevada presión intramuscular y el sobreuso deportivo son eventos que pueden provocar consecuencias nerviosas negativas a partir de un sobre estrés mecánico. <sup>(102)</sup>

La habilidad del SN para adaptarse a la tensión es producto del diseño anatómico intraneural y extraneural. Internamente, el nervio presenta ondulaciones en el estado relajado que desaparecen cuando se aplica o aparece la tensión. El segundo mecanismo que el nervio utiliza para tolerar la elongación es el deslizamiento. <sup>(104)</sup>

#### ***1.9.4.3 Estructura diana anatómica.***

Los nervios periféricos son los canales a través de los cuales el encéfalo y la médula espinal se comunican con el resto del cuerpo. Están formadas por largas estructuras tubulares de tejido conectivo por cuyo interior transitan las fibras nerviosas o axones para dar innervación a los tejidos. Su función es aportar la accesibilidad necesaria para que el SNC pueda controlar, evaluar o regular las funciones del organismo. <sup>(97) (102) (103)</sup>

Los nervios periféricos disponen de un sistema de protección formado por un complejo tubular de envolturas de tejido conectivo organizado para conceder al nervio periférico sus principales características mecánicas. <sup>(97)</sup> Las envolturas del nervio periférico desde el exterior hacia interior son: epineuro, perineuro y endoneuro (Figura 1.6).

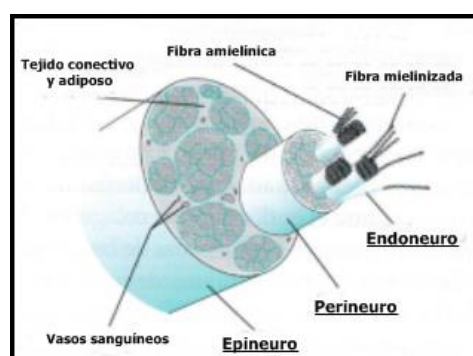


Figura 1.6. Envolturas conectivas del nervio periférico <sup>(97)</sup>

Esta protección es esencial debido a que las fibras nerviosas por si solas son extremadamente vulnerables a las cargas mecánicas. <sup>(103)</sup> <sup>(104)</sup>

La técnica Neurodinamica aplicada en el estudio se focaliza en el nervio femoral (Figura 1.7). Se trata del nervio más grande del plexo lumbar (L1, L2, L3 y parte de L4). Su origen procede de los ramos posteriores de la división ventral primaria de las raíces L2 a L4. En su recorrido desciende a través del músculo psoas, y emerge en su borde lateral, pasando entre él y el músculo ilíaco, por debajo de la fascia iliaca. Su trayecto continúa por detrás del ligamento inguinal, lateral a la arteria y a la vena femoral. Por debajo del ligamento inguinal se divide en anterior y posterior. Finalmente, es de la división posterior de donde surge el nervio safeno, así como ramos para el músculo cuádriceps y la articulación de la rodilla. <sup>(97)</sup> <sup>(107)</sup>

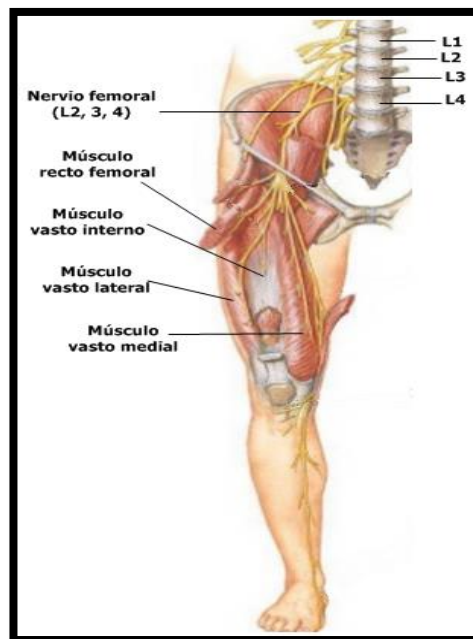


Figura 1.7. Trayecto anatómico del Nervio Femoral. <sup>(107)</sup>

Debido a su disposición anatómica, la implicación o compromiso mecánico del nervio femoral se puede producir por actividades físicas que impliquen un movimiento repetitivo de extensión de cadera con flexión de rodilla; movimiento realizado en el gesto de la carrera y llevado a máximas amplitudes durante la carga de disparo o gesto de recoger la pierna para ejecutar un golpeo de balón en el Fútbol-Sala. <sup>(108)</sup>

## **2. HIPÓTESIS DE ESTUDIO.**

La hipótesis planteada en el presente estudio es que los sujetos del Grupo Intervención (GI) intervenidos con MNM del nervio femoral y estiramientos pasivos analíticos del recto femoral mostrarán una mayor disminución en variables de fatiga muscular (aumentando la fuerza muscular) y daño muscular inducido por el ejercicio físico (disminución del DOMS) en comparación a la ER del Grupo Control (GC) formada únicamente por estiramientos pasivos analíticos del recto femoral inmediatamente después de la aplicación y tras 24 horas desde el entrenamiento de inducción de fatiga. Otorgando peso específico a la MNM dentro de las ER en el deporte.

### **3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.**

Otorgando el valor merecido al Fútbol-Sala debido a ser el deporte más practicado con una gran diferencia sobre los demás en nuestro país, y debido a la gran demanda fisiológica marcada por un ritmo de juego trepidante con continuos cambios de ritmos, gran limitación de los periodos de descanso etc. se observó el potencial campo de las estrategias de recuperación tras el ejercicio, necesarias para mantener y hacer posible la mejora del rendimiento en el deportista.

Se identificó una falta de consenso en la documentación científicas sobre la efectividad de métodos y estrategias de recuperación que desde la fisioterapia se venían aplicando sin ser conscientes de si realmente funcionaban o no, a pesar de su habitual uso en equipos de élite.

Es por ello que intentando aportar nueva información a esa necesidad, se propuso la Movilización Neuromeníngea como posible candidato a instaurarse dentro de las estrategias de recuperación en los deportistas, para lo cual se escogió como modelo un equipo del más alto nivel, sometido a las máximas exigencias abarcando los campos psicológicos y fisiológicos que la competición deportiva provoca.

Se optó por la MNM debido al increíble potencial que a juicio del autor presenta este método, haciendo su todavía juventud en la terapia manual y en la fisioterapia la impulsora de la necesidad de hacer incrementar los estudios con ella como protagonista en diferentes campos, uno de ellos todavía inexplorado, el ámbito preventivo y terapéutico en el deporte.

Por último, también se tuvo en cuenta la facilidad de aplicar la técnica, sin la necesidad de soportes materiales a diferencia de otras como la crioterapia, el no ser desagradable para el deportista, el poco tiempo requerido para su aplicación e incluso la posibilidad de instruir a los propios deportistas para realizar MNM activa.

Los objetivos definidos para este estudio fueron:

- Objetivo principal:
  - Evaluar la influencia de la fisioterapia por medio de la MNM en variables principales, secundarias y funcionales de fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio, como técnica o método de recuperación tras el ejercicio físico en jóvenes jugadores de Fútbol-Sala profesional, a fin de mejorar el rendimiento deportivo.
- Objetivos secundarios:
  - Orientar el estado motivacional y anímico del deportista como posible condicionante en el papel conjunto e inseparable que juega junto a la fatiga periférica en el deporte de élite.
  - Evaluar la influencia del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala en las variables de fatiga y daño muscular sujetas a estudio inmediatamente después del mismo y a las 24 horas.
  - Evaluar la intensidad y carga de entrenamiento entre las sesiones de estudio, a fin de cotejar su demanda y homogeneidad entre las sesiones.



## **4. METODOLOGÍA.**

### **4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO Y SUJETOS.**

Se utilizó un diseño en el que los participantes se dividieron en dos grupos mediante un sistema de distribución aleatorio. Los dos grupos de sujetos, denominados: Grupo Control (GC) y Grupo de Intervención (GI) se formaron con el objetivo de comparar los efectos y resultados entre dos técnicas fisioterápicas en razón de variables de recuperación funcional postejercicio y con ello determinar la orientación del valor a otorgar a la técnica de estudio.

Un total de 11 jugadores varones de Fútbol-Sala del Club Inter Movistar F.S, competidores a la máxima competición en categoría juvenil, denominada División de Honor de la Liga Española formaron parte del estudio. Su dosificación de entrenamientos es 4 sesiones semanales de 2 horas aproximadas de duración, a lo que hay que sumar el partido de liga disputado el fin de semana.

Además tres de ellos (#5, #7 y #10) acuden de forma regular a la Selección Provincial Madrileña y uno de ellos (#10) ha acudido en la presente temporada a la convocatoria de la Selección Española Sub-19 de Fútbol-Sala.

Previamente, se les informó verbalmente y por escrito acerca del estudio (ver anexo 1), explicando de forma clara la metodología, tratamientos y posibles cuestiones que pueden surgir en el participante. Todos los sujetos firmaron el documento de Consentimiento Informado (ver anexo 2) reflejando su interés de participar en el estudio de forma libre y voluntaria. El estudio se desarrolló en concordancia con los estándares éticos recogidos por la Declaración de Helsinki.

Para entrar a participar definitivamente en el estudio, los jugadores debían reunir una serie de requisitos definidos como criterios de inclusión:

- ✓ Comprometerse a participar de forma completa en las sesiones de estudio mediante la firma voluntaria del Consentimiento Informado.
- ✓ Abstenerse de realizar actividad física fuera de los horarios de entrenamiento durante el mes previo al estudio y hasta finalizar el mismo

Como criterios de exclusión se establecieron:

- ✓ Recibir o realizar estrategias de recuperación post-ejercicio ajenas al estudio.
- ✓ Sufrir algún dolor o molestia durante la práctica deportiva.
- ✓ Haber sufrido lesión neural o musculoesquelética en los miembros inferiores (MMII) durante los últimos 6 meses.

## 4.2 RECURSOS MATERIALES.

En el estudio y registro de las variables de fatiga y daño muscular se precisaron los siguientes recursos materiales:

### 4.2.1 Electromiografía.

El electromiógrafo utilizado en el estudio fue un sistema de registro PowerLab 4/35 (Figura 4.1) acompañado de un Dual Bio Amp de la compañía Adinstruments® con el software LabChart7 para Windows®.

La serie 35 destinada a la investigación cuenta de 16 bits, con una 400kS / s ADC que da una tasa de muestreo máxima por canal de 200 kS / s. Cada canal tiene filtros individuales y circuitos de reducción de ruido para reducir al mínimo la interferencia del canal y el ruido de la señal.

Es capaz de amplificar la señal entre 200 y 5000 veces, pudiendo seleccionar además una frecuencia entre 1-2kHz.



Figura 4.1: Sistema de registro PowerLab. Fuente: <http://www.adinstruments.com/products/powerlab>

A la activación muscular, un potencial de acción es conducido desde el nervio, a lo largo del músculo y dentro de la fibra. Por tanto, la fibra muscular emite una señal eléctrica durante cada activación. Si se coloca un receptor apropiado cerca de la fibra (por ejemplo, un electrodo), puede medirse esa actividad eléctrica. <sup>(72)</sup>

La electromiografía (EMG) es la técnica de registro del potencial eléctrico generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular. Para ello se

precisa de receptores de la señal denominados electrodos. Estos pueden ser: intramusculares o superficiales. <sup>(109)</sup> En el presente estudio, se utilizaron electrodos superficiales de 2 cm de diámetro, por lo cual la técnica se denomina electromiografía de superficie (SEMG). La SEMG es más adecuada para estudiar el comportamiento muscular, los patrones de activación y la fatiga de un músculo o grupo muscular. <sup>(109)</sup>

Una aplicación común de la EMG y que debemos cuidar en este estudio es la del *biofeedback*, donde el EMG es utilizado como un indicador de que un cierto músculo ha sido “activado”. De este modo, permite retroalimentar de forma visual la acción del sujeto, ejerciendo como una potente fuente motivacional para generar más fuerza. <sup>(72)</sup>

#### 4.2.2 Dinamómetro.

El dinamómetro empleado pertenece a la compañía *Hoggan Health Industries*<sup>®</sup>, el modelo microFET2 (Figura 4.2). Se trata de un dinamómetro inalámbrico, capaz de expresar datos en libras (lbs), newton (N) o kilogramos/fuerza (kg/f). <sup>(110)</sup>

El cabezal en forma de semiluna se utilizó para registrar la fuerza expresada en Newton ante el movimiento de extensión de rodilla ya que se adapta perfectamente a la cara anterior de la tibia y no resulta molesto para el participante.



Figura 4.2: Dinamómetro MicroFET2. Fuente: <http://eu.mesmglobal.com/product-category/dynamometer/>

En el estudio realizado por Guimares et al. <sup>(111)</sup> se demostró que el dinamómetro manual adaptado para cuantificar la fuerza de los MMII es un instrumento eficiente, fiable, práctico y de mucho menos coste que otros como el dinamómetro isocinético.

#### 4.2.3 Algómetro de presión.

Se usó el modelo MicroFET2 utilizado para realizar las dinamometrías. En cambio, el cabezal fue diferente, se utilizó el de 2 cm de diámetro a fin de generar una presión

mucho más localizada en el vientre muscular y la unión miotendinosa de la musculatura sujeta a estudio. <sup>(82)</sup> <sup>(92)</sup>

#### 4.2.4 Escala Visual Analógica.

La EVA se trata de una línea horizontal sin marcas, con una longitud de 100 mm. En los extremos aparecen los descriptores “ausencia total de dolor” en el inicio y “el peor dolor imaginable” al final (Figura 4.3). <sup>(92)</sup>

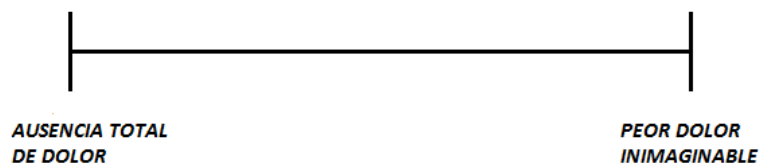


Figura 4.3: Escala Visual Analógica de 10 cm de longitud acotada.

Esta herramienta se utilizó para que los sujetos marcaran mediante una señal, a lo largo de la línea de 100 mm sin graduar, la intensidad que otorgaban a su sensación dolorosa. Después se transcribe mediante graduación en cm la puntuación señalada.

Como esta herramienta de medida necesita la acción voluntaria del paciente, es importante aportar una explicación previa de la utilidad y funcionamiento de la misma a fin del correcto entendimiento y uso por parte del sujeto.

#### 4.2.5 Pulsómetro.

Durante cada sesión de entrenamiento, un jugadores diferente cada día iban equipados con un Pulsómetro portable de la marca Polar®, modelo FT7 (Figura 4.4).



Figura 4.4: Pulsómetro Polar FT7 Fuente:

[http://www.polar.com/es/productos/get\\_active/fitness\\_crosstraining/FT7](http://www.polar.com/es/productos/get_active/fitness_crosstraining/FT7)

Su uso permitió registrar la FC de 6 jugadores del estudio con el fin de otorgar una medida cuantitativa de la carga interna de los entrenamientos y posibilitando así la

confirmación de una homogeneidad entre las demandas solicitadas durante entre las sesiones de las que se constituía el estudio. <sup>(5)</sup> <sup>(16)</sup> <sup>(61)</sup> <sup>(112)</sup>

#### 4.2.6 Goniómetro.

Se utilizó el modelo Baseline International Estandard SFTR Pocket Goniometer® (Figura 4.5). Con él fue posible cuantificar el ROM de flexión de rodilla libre de dolor, siendo directamente relacionada con la rigidez muscular, variable potencialmente modificada por el daño muscular inducido por el ejercicio.

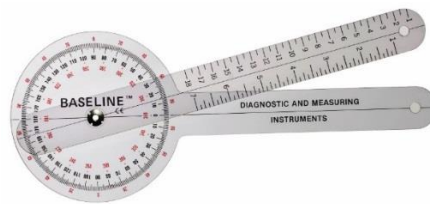


Figura 4.5: Baseline International Estandard SFTR Pocket Goniometer Fuente: <http://www.medesport.com/products/567-goniometros-de-plastico-baseline.aspx>

#### 4.2.7 Cinta métrica para perímetros.

Se empleó el modelo ADE® 50-150 cm MZ10021 (Figura 4.6).



Figura 4.6: ADE® 50-150 cm MZ10021 Fuente: <http://tienda.fisaude.com/cinta-metrica-para-perimetros-ade-50150-cm-p-37466.html>

Con ella se midió el diámetro muscular del muslo, cuantificando la “hinchazón o *swelling*”, parámetro relacionado directamente con el daño muscular inducido por el ejercicio. <sup>(82)</sup> <sup>(92)</sup>

#### 4.2.8 Termómetro ambiental.

Se utilizó el termómetro ambiental marca Springfield® Modelo: 91530 para registrar la temperatura ambiente en el campo de entrenamiento durante las sesiones. Con ello

se objetivo la ausencia de cambios significativos entre las sesiones de estudio, además de afirmar que la temperatura era óptima para la práctica deportiva.

#### 4.3 PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO.

En primer lugar, en el mes de Diciembre, se realizó una primera fase de contacto presencial con los entrenadores, responsables institucionales del club y participantes, informándoles con soporte escrito (ver anexo 1) sobre los objetivos de nuestro estudio y solicitando su colaboración desinteresada. Una vez recibir la autorización por todas las partes y conseguido el Consentimiento Informado por parte de los participantes (ver anexo 2), comenzó la puesta en marcha del estudio. Como paso previo, se les entregó a los jugadores un cuestionario (ver anexo 3) que abarcaba: datos básicos y antropométricos, datos sobre la actividad deportiva y datos de historial clínico y hábitos de vida de relevancia con posibilidad de condicionar el estudio.

La realización del diseño experimental del estudio (Figura 4.7) de campo se llevó a cabo durante dos semanas, en el mes de Marzo de la temporada 2014-2015. El procedimiento completo del que se componía el experimento de campo se realizó la primera semana con la mitad de la muestra de ambos grupos, y por otro lado, el mismo procedimiento, en la última semana con la otra mitad. De esa forma, en ambas semanas, se incluían jugadores del GC y del GI.

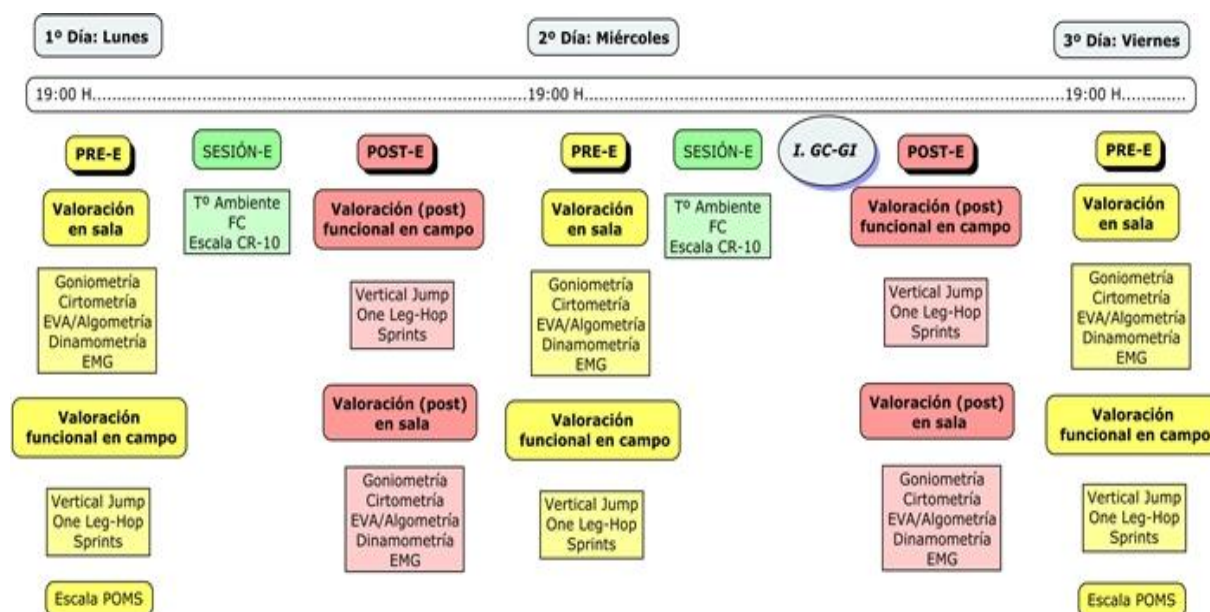


Figura 4.7: Esquema del desarrollo del diseño experimental de una semana. Las casillas amarillas representan las evaluaciones previas a la sesión de entrenamiento, representada por las casillas verdes. Las casillas rojas representan las evaluaciones posteriores y las casillas azules representan las intervenciones a los sujetos

Las sesiones fueron realizadas lunes, miércoles y viernes, respetando así la periodización habitual de los entrenamientos durante la temporada.

El motivo de realizarlo en dos semanas fue para optimizar lo máximo posible el tiempo que requería la recogida de datos y ejecución de las técnicas de tratamiento sin modificar en gran medida el horario destinado al entrenamiento por parte del equipo.

El procedimiento seguido en cada uno de los tres días de estudio consistía en: una valoración previa o pre-evaluación dividida por orden de medición en “valoración en sala” y “valoración funcional en campo”. Seguido a esto, en los dos primeros días se realiza la “sesión de Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala”, siendo el ejercicio inductor de fatiga y daño muscular. Únicamente será después del entrenamiento en el 2º día cuando se lleven a cabo las técnicas fisioterápicas de estudio en la recuperación funcional tras el ejercicio. Por último para finalizar las sesiones, el 1º y 2º terminan con una valoración posterior o post-evaluación dividida por orden de medición en “valoración funcional en campo” y “valoración en sala”.

Durante la realización del estudio, el equipo estaba inmerso en el tercio final de la competición de Liga, ubicándose en la 2º posición a 5 puntos del líder, con opciones de conquistar el título. A las competiciones directamente condicionantes durante las dos semanas de jornadas experimentales se añade que tres de ellos acudieron convocados con la Selección Madrileña para disputar el Campeonato de España Sub-19 (#5, #7 y #10) celebrado el 21 y 22 de Marzo en la localidad barcelonesa de Esplugues de Llobregat. A parte, a lo largo de la Temporada 2014-15, pero sin coincidir con el periodo experimental, un jugador acude a las convocatorias de forma regular y periódica de la Selección Española Sub-19 (#10) y 5 de ellos son convocados a demanda de necesidad por el Inter Movistar “B”, equipo senior competidor en 2º B (#2, #4, #5, #7 y #10) y por último, 2 jugadores son convocados a demanda de necesidad por el Inter Movistar F.S, equipo senior con el mayor palmarés europeo (figura 14), competidor y defensor de título liguero de Primera División de la Liga Nacional de Fútbol-Sala (#4 y #10).

Conocer el nivel de demanda deportiva en el que se encuentran o están habituados es importante debido a la evidencia apoyada de que el daño muscular inducido por el ejercicio y la fatiga, acontecen especialmente durante periodos de mayor demanda o sobreentrenamiento. <sup>(44)</sup> Además, esos niveles de fatiga aguda y residual son variables según la periodización de los entrenamientos y competiciones intensas. <sup>(9)</sup>

Todas las sesiones se realizaron en el pabellón “Caja Madrid” de Alcalá de Henares, sede del club Interista. Se trata de un pabellón cubierto con pista de parqué de alta calidad con unas dimensiones de 40 x 20 metros. La hora de comienzo se pautó a las 19:00, horario habitual de entrenamiento del equipo durante la competición liguera.

Se pidió que todos los jugadores fuesen uniformados con la misma equipación y las zapatillas de Fútbol-Sala con las que disputaban los partidos de competición, no pudiendo utilizarse aquellas zapatillas con menos de 2 semanas de uso previo. <sup>(5)</sup>

La temperatura ambiental en el terreno de juego durante las sesiones se encontraba entre los 16º y los 17º (T. media: 16,3º), siendo una temperatura agradable para la práctica del Fútbol-Sala.

Durante el mes previo y el periodo de estudio, los sujetos fueron instruidos en evitar el consumo de medicamentos anti-inflamatorios y de suplementación alimentaria, mantener los hábitos normales de sueño y de alimentación, y evitar la realización de ejercicio físico fuera del entrenamiento habitual y toda forma de ejercicio extenuante 24 horas previas a las sesiones. <sup>(25)</sup>

El día previo a la primera sesión de medida de variables, en la sesión de familiarización, se llevó a cabo la asignación aleatorizada en dos grupos. Para ello, se les presentó a los participantes una urna opaca, de la cual tenían que coger un sobre de los 11 que había, en su interior se encontraba un número del 1 al 11. A partir de ese momento en adelante, cada jugador era identificado por un número. El mismo procedimiento se llevó a cabo para dividir al grupo en dos subgrupos, Grupo Control (GC) y Grupo de Intervención (GI), quedando constituidos por los participantes que o bien sacaban un sobre con “GC” o bien con “GI” (Figura 4.8). Debido a que la muestra era impar (n=11), se decidió que el GI fuese el grupo con un representante más, ya que será el grupo al que se aplicará la técnica de estudio.



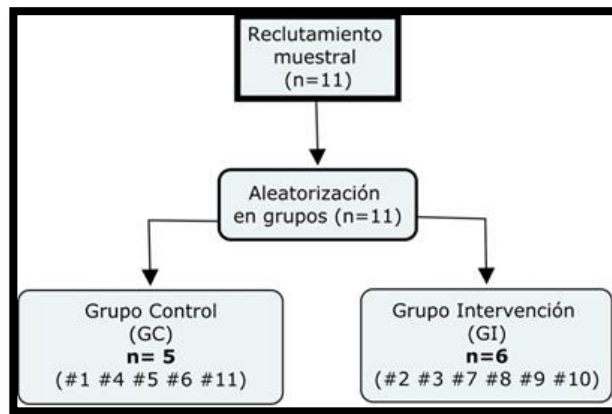


Figura 4.8: Diseño experimental y diagrama de flujo de los participantes.

#### 4.3.1 Variables registradas.

Los participantes, previamente a la toma de datos y valoración, realizaron en una sesión pautada, ensayos de familiarización con las herramientas y pruebas de valoración con el fin de conseguir un correcto entendimiento y aprendizaje de la ejecución de la tarea. <sup>(19) (25) (64) (65) (67)</sup>

La pierna sometida a valoración de las variables sujetas a estudio, fue aquella con la que el jugador eligió para golpear a puerta un balón colocado a 3 metros de la portería, tanto verbalmente como con la ejecución de la acción, definiéndola como pierna dominante. <sup>(61) (82) (113) (114)</sup> Este método de auto-informe de determinación de la pierna dominante tiene un 97,7% de acuerdo con el desempeño de tareas y un 96% de acuerdo de test-retest. <sup>(115)</sup>

Las variables registradas durante las evaluaciones previas y posteriores (ver anexo 4) al entrenamiento específico fueron:

##### 4.3.1.1 Variables principales.

Sus medidas se realizaron en “valoración en sala” tanto en la evaluación previa como en la posterior al entrenamiento. En primer momento se midió el dolor muscular (DOMS) y después la fuerza muscular.

##### ❖ Valoración subjetiva del dolor muscular (DOMS).

Se realizó en dos situaciones diferentes: durante la ejecución de una sentadilla y ante la aplicación de una determinada presión en el vientre muscular y unión miotendinosa.

### 1.1) Dolor al ejecutar una sentadilla, al movimiento.

La herramienta utilizada para la valoración fue la EVA, ya que su uso es justificado por estudios anteriores en la valoración del DOMS <sup>(65) (116) (117)</sup> y más específico para testar el cuádriceps. <sup>(67)</sup>

Previamente a la medición, los deportistas fueron instruidos en desarrollar una sentadilla (movimiento activo) y tasar su percepción de dolor marcando una señal a la distancia correspondiente a la intensidad del dolor presente sobre una línea de 100 mm de longitud, donde el inicio (0 mm) y el final (100 mm) corresponden a “ausencia completa de dolor” y “el peor dolor imaginable” respectivamente. <sup>(65) (67) (92)</sup>

Para realizar la sentadilla de forma homogénea entre todos los jugadores se pautó el siguiente procedimiento: los pies se colocan a la altura de la línea imaginaria que une la punta de los dedos de la mano con el suelo, los pies con una ligera rotación externa. Con las manos hacia al frente a la altura de los hombros y manteniendo en todo momento la espalda recta, deben flexionar los MMII descendiendo lentamente en el tiempo de 3 segundos hasta llegar a formar 90° de flexión de rodillas, para después ascender hasta la posición inicial durante otros 3 segundos.

El dolorimiento percibido en ambas piernas durante el momento excéntrico del movimiento, es decir, durante la bajada lenta y controlada hasta 90° de flexión de rodillas, se registró en la EVA.

### 1.2) Dolor ante la aplicación de una determinada presión: Algometría.

El dinamómetro provisto del cabezal de 2 cm de diámetro fue la herramienta utilizada para cuantificar en Newtons (N) el umbral de dolor a la presión (UDP), determinando la mecanosensibilidad, o lo que es lo mismo, la sensibilidad a la presión. Esta técnica se denomina Algometría. <sup>(82) (92)</sup>

La Algometría se realizó en dos puntos en los rectos femorales de ambas piernas, mientras el sujeto permanecía sentado con la rodilla en 90° de flexión y pies apoyados en el suelo: en el vientre muscular y en la unión miotendinosa.

Un punto en la mitad de la línea imaginaria que une la espina iliaca antero superior con el polo superior de la rótula, el cual representa el vientre del recto femoral, mientras que el segundo punto se coloca 3 cm por encima del polo superior de la rótula, representando la unión miotendinosa. Se pidió a los participantes que durante el aumento de presión imprimida por el examinador, dijeran cuándo apareció una sensación dolorosa equivalente a un 7/10 en la Escala Numérica Verbal (ENV).

Al tratarse de sujetos que se comunican verbalmente y sin limitaciones cognitivas, se pudo utilizar la escala numérica verbal (0 a 10) donde el paciente elige un número que refleja el nivel de su dolor, donde el 0 refleja la ausencia completa de dolor y 10 representa el peor dolor. En la investigación científica, la ENV ha demostrado tener una muy buena correlación con la EVA. <sup>(118)</sup>

El motivo por el que se realizó una algometría fue para aportar mayor objetividad en la medición de los cambios de dolor. <sup>(92)</sup> De Jong et al. <sup>(119)</sup> demostraron que la EVA y ENV puede obtener una pobre fiabilidad intra-evaluador e inter-evaluador en algunos grupos poblacionales como niños y jóvenes.

En todas las valoraciones de dolor muscular, tanto al movimiento de la sentadilla como en la algometría, se empleó el modelo “limb-to-limb” según el cual el miembro dominante, posteriormente miembro tratado es comparado con las respuestas del contralateral, no tratado, del mismo sujeto. Con ello se intenta solucionar la subjetividad condicionante de la percepción del dolor, aislando en el propio sujeto, los cambios en la sensación dolorosa teniendo en cuenta la subjetividad y UDP intrínseco a cada participante. Ese modelo de comparación es ventajoso cuando el número de sujetos es relativamente pequeño. <sup>(81)</sup>

#### ❖ **Fuerza muscular.**

Utilizando el dinamómetro con el cabezal en forma de semiluna se midió la contracción voluntaria isométrica máxima (CVIM) en la pierna dominante de los participantes.

El sujeto se colocó sentado en una silla, con el tronco apoyado en el respaldo formando un ángulo de 90° entre el tronco y las piernas. Los pies permanecían apoyados en el suelo. A la hora de realizar la fuerza isométrica contra el dinamómetro, el ángulo formado por la rodilla es de 90° de flexión. <sup>(25)</sup>

La oposición a la fuerza ejercida por el sujeto se posicionó en la cara anterior de la tibia, 5 cm proximal al maleolo lateral. Durante ese esfuerzo, el hueco poplíteo se ha de encontrar libre de sufrir presiones con el borde de la silla. Se permitió al sujeto agarrarse a ese borde con ambas manos sin inclinar el cuerpo hacia delante para solucionar la ausencia de estabilización externa de tronco por parte de cinchas.

La medición se realizó en tres ocasiones de 5 segundos de duración cada contracción con un minuto de descanso entre las repeticiones con el fin de evitar el fenómeno inmediato de relajación postcontracción descrito por Sherrington <sup>(72)</sup>. Se registró el valor de fuerza máxima y la media de las tres mediciones es el valor sujeto a estudio.

Durante la realización de la fuerza se emitieron órdenes verbales en tono elevado del tipo “¡más fuerte, más, todo lo que puedas!” por parte del evaluador y se proveía del *feedback* visual de la señal EMG. <sup>(64) (65) (67)</sup> Cuando los sujetos están bien motivados, reciben *feedback* y continuos ánimos, la activación voluntaria puede verse incrementada. <sup>(35)</sup>

La prolongada pérdida de fuerza (como alteración funcional) es el marcador indirecto más fiable y más efectivo para evaluar la magnitud y curso temporal del daño muscular inducido por el ejercicio. <sup>(44) (78)</sup>

#### ***4.3.1.2 Variables secundarias.***

Sus medidas se realizaron en “valoración en sala” tanto en la evaluación previa como en la posterior al entrenamiento. El orden de medición fue: primero la cirtometría, segundo la goniometría y tercero de forma simultánea a la mediación de fuerza muscular, la electromiografía.

##### **❖ Volumen muscular-hinchazón “swelling”.**

La técnica de medición fue la cirtometría. Todas las mediciones se realizaron utilizando la misma cinta métrica.

El sujeto se encontraba en bipedestación con la musculatura de los MMII relajada.

La medición se realizó a 20 cm hacia craneal desde el borde del polo superior de la rótula. La cinta se colocó paralelo a la horizontal trazando la circunferencia que dibuja el muslo. Se tomó medidas de ambas piernas de cada jugador a fin de registrar

posibles diferencias y modificaciones, no solo entre los participantes, sino también en cada sujeto.

#### ❖ **Rango de movimiento (ROM).**

La disminución del ROM, está directamente relacionada con la rigidez muscular, variable potencialmente modificada por el daño muscular inducido por el ejercicio.

Se evaluó mediante un goniómetro manual. Para ello, se colocó el eje del goniómetro o fulcro en el epicóndilo lateral del fémur, su brazo fijo o proximal se posicionó en la línea media lateral del fémur, tomando como referencia al trocánter mayor, mientras que el brazo móvil o distal se colocó en la línea media lateral del peroné, tomando como referencia el maleolo lateral.

El sujeto se coloca en decúbito contralateral. El investigador imprime la flexión de la rodilla manteniendo la cadera en extensión hasta el punto del ROM en el cual comienza el participante a sentir dolorimiento o el evaluador encuentra una barrera que impida continuar incrementando la flexión de rodilla. Únicamente una medida fue registrada para evitar que las mediciones inmediatamente posteriores se viesan condicionadas por el estiramiento de la musculatura de la cara anterior del muslo inherente en la ejecución de la medición del ROM.

#### ❖ **Electromiografía de superficie (SEMG).**

La medición de esta variable fue sincrónica a la medición de la CVIM para evaluar la fuerza mediante dinamometría.

Se utilizó como sistema de registro de la magnitud de la actividad eléctrica el equipo PowerLab 4/35 acompañado de un Dual Bio Amp.

La señal fue registrada en el recto femoral (RF) y vasto lateral (VL) de la pierna dominante de cada sujeto por dos electrodos bipolares de superficie. Ambos se colocaron en el vientre muscular con una distancia entre los electrodos de dos cm entre ellos. <sup>(32)</sup> <sup>(47)</sup> Marcas con tinta permanente se pintaron en los puntos de colocación de los electrodos, para así asegurarnos colocarlos en el mismo punto en las sesiones posteriores. <sup>(64)</sup> La piel de los sujetos fue afeitada para facilitar la adhesión de los electrodos a la misma.

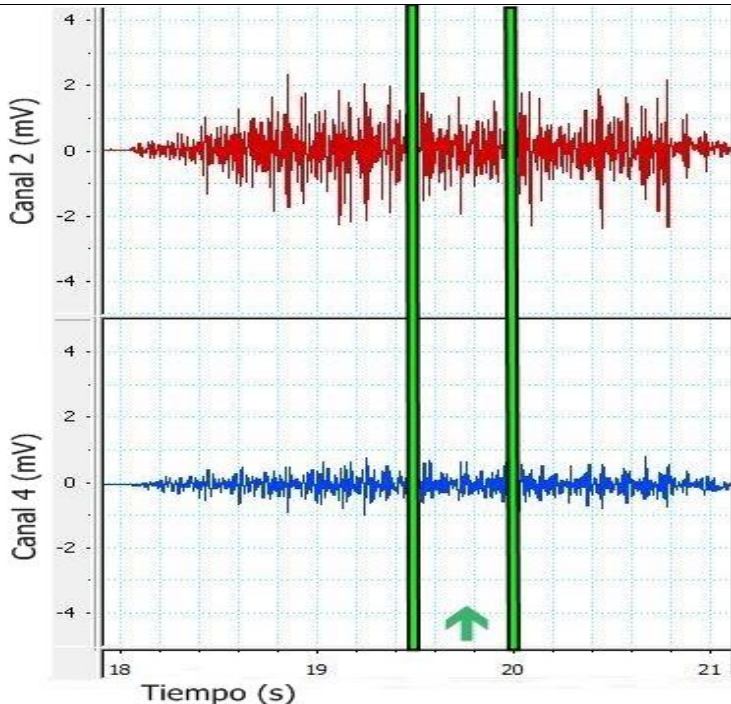
Los electrodos en el RF fueron posicionados a 6 cm proximal desde el borde superior de la rótula paralelo al eje longitudinal del músculo. Los electrodos en el VL se colocaron a la mitad del recorrido del músculo. Por último, el electrodo de referencia o toma de tierra fue posicionado sobre la superficie del maleolo tibial. <sup>(19) (120)</sup>

Los valores registrados por medio de los electrodos se digitalizaron a un frecuencia de 1000 Hz con el software LabChart7 y fueron almacenados en un ordenador. Los datos numéricos fueron tratados con el Programa informático Microsoft Excel 2013®.

Para la interpretación de los registros de EMG, se calculó la variable de estudio Raíz Cuadrática Media o *Root Mean Square* (RMS) o media cuadrática (ecuación 1). Se trata de la suma de los cuadrados de todos los valores dividida entre el número de datos.

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$

Ecuación 1: Fórmula matemática de la RMS Fuente:  
<http://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/medidas-posicion-central/>

TIEMPO	EMG del RF (canal 2) y VL (canal 4)	RMS (μV)
1º MEDICIÓN		RF: 0,637  VL: 0,278

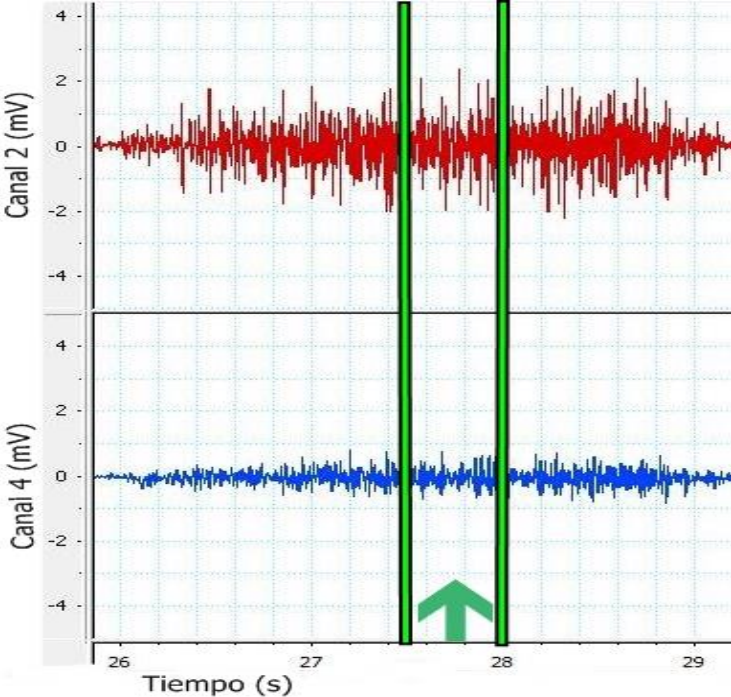
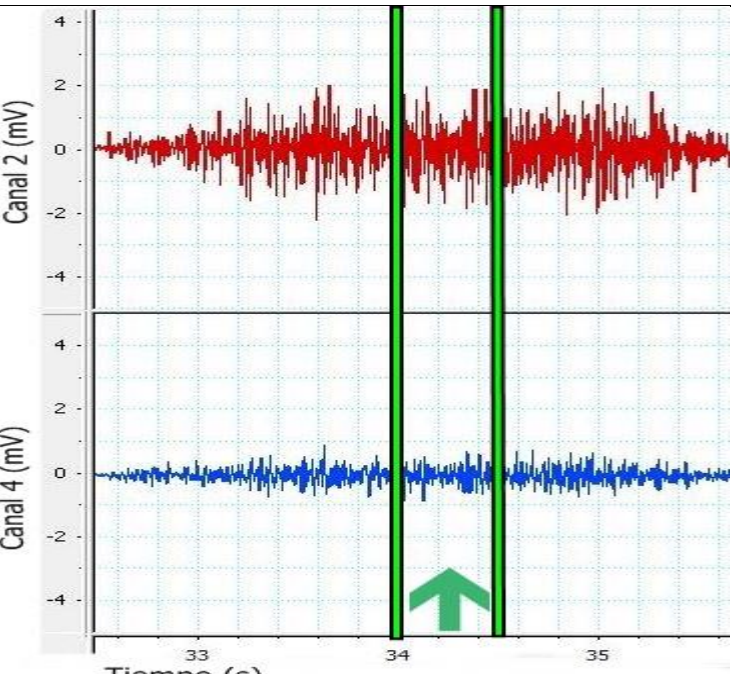
2º MEDICIÓN		RF: 0,637  VL: 0,232
3º MEDICIÓN		RF: 0,686  VL: 0,265
	MEDIA	RF: 0,650 VL: 0,2589

Figura 4.9: Ejemplo trato de datos EMGS con el sujeto #1 pre-evaluación del 2º día. Se registran tres mediciones de la pierna dominante de cada sujeto tanto del RF (canal 2) como del VL (canal 4). De cada una de ellas se toma un segmento de contracción estable correspondiente a 0,5 segundos (corresponde al acotado por las líneas verdes) de los 3 segundos de contracción solicitada. Los datos numéricos resultantes son exportados a Excel para calcular la RMS y sus medias.

A partir de esas tres mediciones, se calculó la RMS y la media para cada sujeto (Figura 4.9).

El desplazamiento de la frecuencia media a valores espectrales menores es un indicador bien conocido de la fatiga. <sup>(120)</sup>

Durante el fenómeno de fatiga, la amplitud de la onda M disminuye y su duración aumenta. Como consecuencia de la acumulación de ácido láctico, se reduce la velocidad de conducción de las fibras musculares, evidenciándose esto en una compresión espectral y un corrimiento del espectro de frecuencias hacia las bajas frecuencias. <sup>(109)</sup>

#### ***4.3.1.3 Variables de funcionalidad.***

Sus valoraciones se realizaron en “valoración funcional en campo” tanto en la evaluación previa como en la posterior al entrenamiento. El orden por que se realizaron fue: Salto Vertical, Salto Horizontal y por último el *Sprint*.

##### **❖ *Vertical Jump* o Salto vertical.**

El descenso en la capacidad de generar potencia muscular de salida durante movimientos explosivos está bien documentada mediante la prueba funcional de salto vertical o “*Vertical Jump*”. <sup>(44)</sup>

Se pautó una secuencia para homogeneizar el proceder del salto entre todos los jugadores: con los pies separados a la altura de las caderas, deben partir de la posición con flexión de rodillas a 90°, desde ahí y sin usar el balanceo de brazos, deben saltar de la forma más explosiva posible y con el brazo dominante, marcar la altura en una pared dispuesta de medición métrica. <sup>(78) (96) (121)</sup>.

Se ejecutaron dos saltos por jugador, siendo la media el valor sujeto a estudio.

##### **❖ *One-legged hop-for-distance test* o Salto horizontal.**

Esta prueba ha demostrado su validez como parte de la valoración funcional del cuádriceps. <sup>(92)</sup>

El gesto de movimiento se definió para la homogenización entre los sujetos. La posición de partida debe ser en monopodal sobre la pierna dominante y los brazos



elevados a la altura de los hombros. Desde esa posición descenderán hasta formar un ángulo recto con la rodilla, y sin realizar balanceo y/o impulso de brazos, saltarán hacia delante sobre una superficie de parqué dispuesta de mediciones métricas.

Se ejecutaron dos saltos por jugador, siendo la media de ambos el valor registrado.

#### ❖ ***Sprints repetidos.***

La reducción en el pico de velocidad máxima es una de las mejores representaciones de los cambios en el desempeño físico debido a la fatiga y daño muscular, expresado por una disminución en la potencia de la musculatura. <sup>(9)</sup>

La habilidad de *sprints* repetidos se debe considerar como una capacidad específica y diferenciadora del Fútbol-Sala. <sup>(13)</sup>

Para cuantificar la potencia de desplazamiento, se realizó la prueba de *sprint* que consistía en iniciar el *sprint* desde el reposo, recorrer 20 metros a máxima velocidad, girar sobre sí mismo 180°, y volver al punto de salida otros 20 metros *sprint*. <sup>(5) (78) (96)</sup>

El tiempo expresado en segundos en su realización fue la variable sujeta a estudio.

#### ***4.3.1.4 Variables Estado Mental-Motivacional.***

Se les suministró a los participantes el cuestionario POMS-SF (ver anexo 5) al finalizar la pre-evaluación del 1º y 3º día.

Para el uso del cuestionario, se especificó que lo leyeren correctamente las veces necesarias, que no dejaran ninguna pregunta o ítem sin contestar y que respondiesen individualmente, de forma sincera, en base a su propia experiencia y en relación a las instrucciones reflejadas específicamente para cada instrumento.

#### ❖ **Escala POMS-SF (The Profile of Mood States).**

Desde una perspectiva psicológica, la herramienta que más se ha venido utilizando en la investigación científica para determinar el nivel de sobreentrenamiento de los deportistas ha sido la evaluación de los estados de ánimo a través del Perfil de los Estados de Ánimo. <sup>(90)</sup> El POMS es un autoinforme construido en base a una concepción multidimensional del estado de ánimo. <sup>(89) (90) (122-124)</sup>

Utilizado con especial interés en deportistas <sup>(123)</sup> es usado frecuentemente en la monitorización de la carga psicológica respecto a entrenamientos, periodos de sobreentrenamiento y de defectos en la recuperación del rendimiento. Forma un instrumento fiable para detectar estados de ánimo transitorios en deportistas y su fluctuación en relación con las cargas de entrenamiento y al sobreentrenamiento, sin embargo, no informa de la causa del mismo. <sup>(90) (123)</sup>

En su origen estaba constituida por 65 ítems que tratan 6 estados de ánimo: tensión, depresión, enfado, energía, fatiga y confusión, los cuales se puntúan mediante una escala Likert: 0 (nada) a 4 (extremadamente). Como condicionante, en la práctica resulta demasiado extensa, sobre todo cuando la evaluación del estado de ánimo es previa a un evento deportivo o está inmersa en el periodo dedicado al entrenamiento.

Como solución, se han propuesto diferentes formas abreviadas como es el POMS-SF, con validez evidenciada en deportistas y población adolescente. <sup>(90) (123)</sup>

El modelo utilizado en el estudio es el propuesto por Andrade et al. en el 2013. <sup>(123)</sup> La versión está constituida por 30 ítems, cinco por cada uno de los principales factores de estado de ánimo contemplados en el POMS. Cuatro de estos factores tienen carácter negativo (Cólera, Fatiga, Tensión y Estado Deprimido) y dos tienen carácter positivo (Vigor y Amistad). A partir de la suma de los valores obtenidos en cada factor se obtuvo la *Alteración de Ánimo total* (Total Mood Disturbance, TMD).

Esta versión se validó en castellano y para la población deportista. Cuando los deportistas entrenan en exceso o tienen determinados problemas, las escalas negativas se elevan y la positiva descende, en lo que se conoce como *Perfil Iceberg Invertido*. <sup>(63)</sup>

#### ***4.3.1.5 Variables de carga del entrenamiento.***

Por otro lado, durante los entrenamientos específicos de Fútbol-Sala se registró la frecuencia cardíaca y la percepción de esfuerzo por parte de los jugadores en la escala de valoración subjetiva CR-10 Borg.

El objetivo fue registrar los valores para poder determinar la homogeneidad de carga de entrenamiento durante las sesiones de las que se componía el estudio.

#### **❖ Frecuencia Cardíaca**

Monitorizar la FC es una método no invasivo que estima la modulación autonómica cardíaca evidenciando así la respuesta a las cargas de entrenamientos y competiciones del Fútbol-Sala. <sup>(3) (5)</sup> Es más, aporta información para identificar las correctas adaptaciones al entrenamiento y signos tempranos de mala adaptación <sup>(5)</sup>

La media de la FC registrada durante los entrenamientos y partidos de Fútbol-Sala son generalmente mayores que los registrados en los partidos de fútbol, balonmano o baloncesto. Esto es debido probablemente como resultado de una mayor carga en el metabolismo anaeróbico y a que los periodos de descanso son cortos e incompletos; en definitiva, la FC raramente baja de los 150 latidos/minuto. <sup>(3)</sup>

Es conocido que el estrés físico causa un incremento en la FC. <sup>(12) (61) (86)</sup> Además la deshidratación causada por el ejercicio y ambientes calurosos puede incrementarla. <sup>(30)</sup>

En cada una de las 3 sesiones de entrenamiento inmersas en el estudio, 1 jugador diferente cada día entrenaba equipado con Pulsómetro portables. Cada 10 minutos durante el transcurso de la sesión, el jugador transmitía verbalmente al investigador sus pulsaciones reflejadas en su monitor de muñeca.

Para su registro y posterior trato de datos, se dividió el tiempo del entrenamiento según tres zonas de intensidad: actividad muy vigorosa ( $> 85\% FC_{m\acute{a}x}$ ), actividad moderada ( $65-85\% FC_{m\acute{a}x}$ ) y baja actividad ( $< 65\% FC_{m\acute{a}x}$ ). <sup>(3) (89)</sup>

#### ❖ **Escala CR-10 Borg o Escala RPE (Rating of Perceived Exertion).**

La sensación de esfuerzo es la percepción del conjunto de sensaciones que se conjugan durante el entrenamiento como estrés físico, esfuerzo realizado y fatiga. <sup>(32)</sup>

La escala RPE ha sido utilizada en una gran variedad de deportes y ejercicios para medir el nivel de sensación de esfuerzo percibido por los individuos. <sup>(32) (85) (89)</sup> Está bien establecida la relación entre la carga de entrenamiento y el esfuerzo percibido por lo que la escala proporciona una estimación adecuada de la intensidad del estímulo de ejercicio. <sup>(12) (33) (86) (112)</sup>

La habilidad de monitorizar la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento puede ser usado para proporcionar un importante *feedback* al entrenador respecto el estímulo de entrenamiento aplicado a los jugadores. De la misma manera, las investigaciones muestran una alta fiabilidad de la puntuación de la RPE y su alta

correlación con variables fisiológicas (por ej.: FC y concentración de lactato en sangre). <sup>(112)</sup>

La RPE también es regulada por factores psicológicos (por ej.: experiencias previas, entendimiento de la tarea) y por factores situacionales (por ej.: conocimiento de cuándo se termina la tarea o ejercicio). <sup>(33)</sup>

El cerebro, es utilizado como herramienta para monitorizar la percepción del entrenamiento, cuantificar la carga interna del entrenamiento, expresando las sensaciones negativas ante la adaptación al entrenamiento. <sup>(32)</sup>

En el estudio se utilizó la escala RPE modificada por Foster et al. <sup>(85)</sup> llamada CR-10 (ver anexo 6). En ella se trasladaba la percepción de esfuerzo de los jugadores a una puntuación numérica entre 0 y 10. Esa puntuación, la hace más comprensible para los jugadores y ello la otorga un gran valor práctico, es simple de aplicar y se evidenciado su validez para estimar la carga de entrenamiento durante un amplio rango de actividades. <sup>(16) (33) (85)</sup> Esta escala ha sido validada en el fútbol por Impellizzeri. <sup>(84)</sup>

El estudio realizado por Coutts et al. <sup>(112)</sup> demostró la validez de la RPE como indicador de la intensidad de entrenamiento concretamente en los SSG, mostrando la correlación entre la FC y la RPE. Esos resultados son similares a los expuestos en el meta-análisis realizado por Chen et al. <sup>(125)</sup> donde demostraron que el 95% de intervalo de confianza de los coeficientes de validez entre la FC y RPE fue  $r = 0,397-0,617$  durante el ejercicio intermitente progresivo.

#### **4.3.2 Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala.**

Se denominó “Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala” a la sesión de ejercicio encargada de inducir la fatiga y/o el daño muscular en el estudio.

Se trata de añadir una tarea o demanda excéntrica al entrenamiento base, al entrenamiento que pauta el entrenador de las mismas características que vienen realizando durante la temporada; el cual engloba demandas aeróbicas, de velocidad, agilidad, con aspectos técnicos y tácticos.

Durante el diseño del entrenamiento, se pautó con el equipo técnico incluir al entrenamiento base, una demanda física añadida, a lo que llamaremos “test de demanda excéntrica”. Este consistirá en la realización de 10 sentadillas cada 10

minutos en el transcurso de los primeros 60 minutos de entrenamiento. La sentadilla es temporizada por 3 segundos de bajada hasta 90° de flexión de rodilla, y 1 segundo de subida hasta la posición inicial de extensión completa de rodilla. <sup>(92)</sup> De esta manera, se busca inducir un trabajo añadido de actividad excéntrica en los cuádriceps de los deportistas.

Se tuvo en cuenta que al realizarse el estudio con una mitad de los pertenecientes a ambos grupos (GC y GI) en una primera semana y con la otra mitad de ambos grupos la siguiente semana por la acomodación del tiempo, el test de demanda excéntrica únicamente lo realizaban en las 3 sesiones semanales los jugadores evaluados esa semana, mientras que los que se evaluaron la segunda semana, solo realizaron el test de demanda excéntrica en las 3 sesiones semanales de la segunda semana. Evitando así que estos últimos tuviesen tres sesiones más de carga excéntrica que los primeros.

Es importante tener presente que la activación excéntrica de cuádriceps ocurre rutinariamente en muchas actividades diarias y actividades deportivas que requieren rápidas deceleraciones, cambios direccionales y absorción de la energía, el Fútbol-Sala es un claro ejemplo. <sup>(9) (19)</sup>

Los Entrenamientos Específicos de Fútbol-Sala durante el estudio siguieron la metodología de los *Small Side Games (SSG)*.

Los SSG son tareas específicas con unas reglas o metodologías muy definidas con el objetivo de incrementar el rango de participación en la toma de decisiones preservando las propiedades básicas del deporte. Para ello, crean un contexto ficticio que trata de simular diferentes escenas que acontecen en los partidos (por ej.: jugadas de 3 contra 2 e intentar finalizar en gol) en definitiva, crean situaciones muy concretas de forma aislada que luego se repetirán en los partidos de competición. <sup>(20) (39)</sup>

Esta metodología de entrenamiento surgió ante la falta de tiempo necesario y al gran abanico de aspectos que deben ser englobados en la práctica de deportes de equipo como el Fútbol o el Fútbol-Sala, tales como aspectos físicos, mentales, técnicos y tácticos, se promovió la necesidad de un modelo o metodología de entrenamiento más global y completo que permitiese cubrir esas necesidades simultáneamente. <sup>(16)</sup>

Para comenzar el entrenamiento, los jugadores realizaron un calentamiento activo de intensidad moderada. Partiendo de ejercicios analíticos de diferentes movimientos durante la carrera continua iban progresando en intensidad, para finalizar el calentamiento a una intensidad similar a la requerida durante la competición (15 min aprox.) mediante los SSG. <sup>(39)</sup>

El calentamiento dinámico es muy beneficioso para la posterior práctica deportiva ya que eleva la temperatura de algunos tejidos musculares (como por ej.: muscular), lo cual mejora el rendimiento y disminuye el riesgo lesional. <sup>(20) (126)</sup>

Entre los beneficios de realizar este tipo de calentamiento activo con la incorporación de SSG se encuentran: incremento de la temperatura muscular, del flujo sanguíneo muscular, de la conductividad nerviosa y de la velocidad de las reacciones metabólicas. Ello se tradujo en el estudio de Zois et al. en una mejora del 4% en la agilidad reactiva, lo que sugiere que esos beneficios pueden ser transferibles a las demandas del deporte de equipo como el Fútbol-Sala. <sup>(86)</sup>

La práctica de los SSG se sustenta en la evidencia de que los mayores beneficios para el rendimiento deportivo son conseguidos cuando el estímulo del entrenamiento es similar a las demandas de la competición en base a reproducir los requerimientos físicos, técnicos y tácticos. <sup>(16) (39)</sup>

Además economizar el tiempo es primordial. La rutina típica de calentamiento en los deportes de equipo incluía 30-40 minutos desde actividad moderada a alta. Sin embargo las investigaciones manifiestan que 5-10 minutos entre el 40 y 70% del consumo máximo de Oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ) es suficiente para mejorar el rendimiento posterior. Y lo que es más, un largo calentamiento podría perjudicar el posterior rendimiento debido al incremento de la fatiga pre competición, con la depleción de las reservas musculares de glucógeno y una elevada temperatura corporal prematura. <sup>(86)</sup>

El estudio realizado por Oliveira et al. <sup>(5)</sup> demostró en jugadores profesionales de Fútbol-Sala, como después de una pre-sesión de calentamiento dinámico (SSG unido a sesiones de musculación y sesiones tácticas) realizada durante 3 semanas, durante 6 días a la semana, mostraba mejoras en la habilidad de los jugadores para la realización de sprint repetidos, con mejora en la velocidad media y velocidad pico, así como una mejor respuesta cardiaca al esfuerzo.

La gran ventaja de los SSG, es que incorporan actividades y patrones de movimiento específicos de la tarea competitiva del Fútbol-Sala. Se incluyen actividades como pases, tiros a portería, controles de balón, etc. con el objetivo de simular y reproducir las demandas metabólicas y gestos técnicos del deporte. <sup>(86)</sup>

En definitiva, los SSG permiten incrementar la eficiencia del entrenamiento gracias a su naturaleza multifuncional, a su faceta física, técnica y táctica. <sup>(16) (112)</sup>

Las sesiones de entrenamiento específico acordadas con el equipo técnico tenían una duración de 2 horas y se constituían de:

- Calentamiento activo (15 min): 2 minutos de carrera continuada sin balón, 3 minutos de carrera continuada con balón, 10 minutos con secuencias de carrera hacia atrás, giro y sprint, carrera lateral y cambio de dirección.
- Introducción a SSG (25 min): secuencias individuales con balón (*dribbling*, pases y tiros a puerta).
- SSG (50 min; a los 20 min y al finalizar se efectuaba un descanso de 2 min aprox. para beber agua y repasar tácticas y estrategias de juego en la pizarra): secuencias globales de situaciones de juego (contras en minoría defensiva (Figura 4.10), jugadas tácticas desde saque de banda y córner con finalización en gol, ataque con superioridad con portero jugador) en esas acciones el entrenador imponía reglas como únicamente jugar al primer toque o practicarlo en un campo de disminuciones reducidas (20 x 20 m) (Figura 4.11).
- Simulación de partido (30 min) con carga en reproducir estrategias y jugadas tácticas.

Lo que se buscó con el modelo global fue reproducir las demandas funcionales a las musculaturas cuádriceps en su contexto más natural y reproducible posible, ya que va a ser a lo que tendrá que enfrentarse en la competición deportiva. <sup>(19)</sup>



Figura 4.10: SSG de contra en minoría defensiva. El equipo rojo intenta hacer gol al equipo amarillo que cuenta con un jugador menos en la cancha; el jugador nº 5 no puede intervenir en el juego hasta próxima orden del entrenador.



Figura 4.11: SSG en campo de disminuciones reducidas (20 x 20 m). Los jugadores rodeados por los círculos amarillo y rojo son los porteros de los respectivos equipos

Durante la sesión de entrenamiento, todos los jugadores tenían permitido beber agua en el momento que precisasen, pero con el fin de establecer una pauta uniforme, como mínimo, consumían 1 litro de agua durante la sesión.



Previamente al comienzo de la sesión, a los jugadores se les enseñó el uso y manejo adecuado de la Escala CR-10 de Valoración de Percepción del Esfuerzo de Borg <sup>(127)</sup>

Para comprobar que la intensidad del entrenamiento en los días registrados fuese homogénea, se llevó a cabo mediciones de la FC en 6 de los jugadores durante los entrenamientos (1 jugadores monitorizado/entrenamiento). También se registró a los 20 minutos a los 50 minutos y al finalizar la puntuación otorgada por todos los jugadores en la escala CR-10. Ambas medidas monitorizan la carga interna del entrenamiento. <sup>(3) (12) (30) (33) (83) (86)</sup> La carga externa, es pautada por el entrenador y es expresada en la duración de la sesión en minutos.

#### **4.3.3 Técnicas de intervención post-ejercicio.**

El GC, recibía como método de intervención estiramiento pasivo analítico manual del recto femoral, mientras que el GI recibía los estiramientos pasivos analíticos seguido de Movilización Neuromeníngea del nervio femoral, también conocido como nervio crural. De esta manera, las posibles diferencias observadas entre los grupos, se atribuirían a la MNM. El motivo de llevar a cabo los estiramientos como técnica común entre los grupos, es con la intención de propiciar la técnica de cegamiento simple en la terapia manual, apoyada por las semejanzas visuales y de sensaciones entre los estiramientos pasivos analíticos y la MNM.

##### ***4.3.3.1 Técnica Neurodinámica de deslizamiento del nervio femoral.***

Para la movilización del nervio femoral en su recorrido por el muslo se realizó la técnica de deslizamiento “*sliders*” durante 3 minutos (Figura 4.12).

La posición de partida en la que se situaron los sujetos fue en *slump* con la rodilla en flexión de la pierna no tratada, descansando en la camilla.

Manteniendo esa posición se van introduciendo secuencialmente, de forma lenta y progresiva los siguientes parámetros por parte del investigador, es decir, de forma pasiva al sujeto:

- ❖ El conjunto del raquis del paciente se lleva a flexión.
- ❖ El investigador, desde detrás del paciente, lleva a flexión completa a la rodilla.

- ❖ La hemipelvis del lado evaluado es estabilizada con la mano libre del fisioterapeuta para evitar que ascienda durante la maniobra.
- ❖ Para inducir el deslizamiento del nervio en sentido proximal, el investigador imprime lentamente extensión de cadera dentro de la resistencia elástica y libre de dolor, a la vez que se permite la extensión de la rodilla en una amplitud o recorrido similar.
- ❖ Desde el final del recorrido impreso en el movimiento anterior, se flexiona nuevamente la rodilla, disminuyendo simultáneamente la extensión de cadera en amplitudes similares para provocar el deslizamiento en sentido distal.

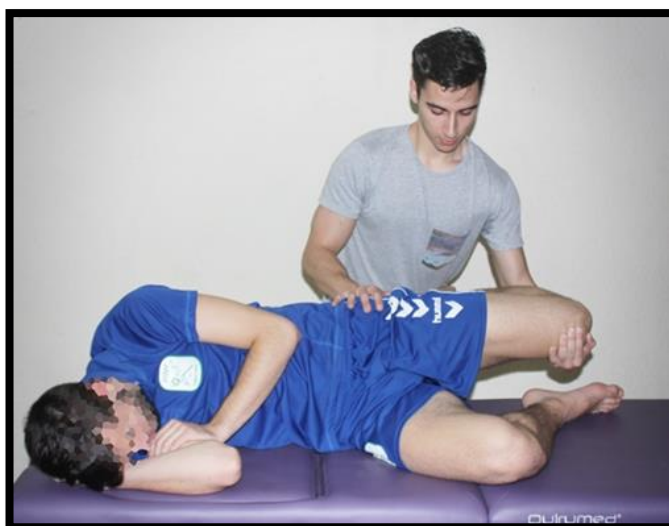


Figura 4.12: Aplicación práctica de la MNM del nervio femoral.

En el protocolo de ejecución de la técnica, se incluyó la maniobra de “diferenciación estructural”. El objetivo es comprobar la focalización específica en el SN en contraposición a estructuras musculoesqueléticas. <sup>(101)</sup> <sup>(128)</sup> Ello se consigue aplicando un movimiento de un segmento corporal alejado de la localización de la zona diana que disminuya e incremente la tensión del SN aprovechando su continuidad a forma de unidad. <sup>(97)</sup> En el cuadrante inferior, la suma de flexión cervical fue el movimiento “diferenciador” utilizado.

Si durante la realización de la prueba o maniobra, el terapeuta nota una contracción muscular refleja que opone resistencia al movimiento pasivo con una limitación del ROM, puede darse como respuesta protectora normalmente acompañada por sensaciones molestas o dolorosas. <sup>(104)</sup> No obstante, en el estudio no se observaron respuestas de este tipo.

Después de aplicar la técnica Neurodinámica, para verificar que no ha provocado complicaciones neurológicas y contribuir a términos de seguridad, se realizó el test Neurodinámicos y se compararon las sensaciones del sujeto y evaluador pre y post tratamiento. <sup>(101)</sup>

El objetivo es asegurarnos la ausencia tanto de “síntomas positivos” que reflejen un anormal nivel de excitabilidad en el sistema nervioso que incluye dolor, parestesias y disestesias, como “síntomas negativos” que indiquen reducción en la conducción del impulso en los tejidos neurales e incluye hipostesias y anestesias. <sup>(103)</sup> Además, no se debe limitarse a los términos positivos o negativos, sino que, debe recogerse toda la gama de sensaciones que se pueden evocar y observar en el sujeto, por lo que le iremos preguntando acerca de las sensaciones durante la ejecución de las técnicas.

#### ***4.3.3.2 Estiramiento pasivo analítico manual del recto femoral.***

La técnica se realizó en 2 series de 3 repeticiones, con 15 segundos de duración cada una (90 segundos de estiramiento por sujeto, con 10 segundos de descanso entre series).

A fin de “camuflar” o hacer similares los aspectos de ejecución para los participantes entre las dos técnicas empleadas en el estudio, se realizó el estiramiento en la misma posición en la que se realizó la Movilización Neuromeningea.

Posición de partida: El sujeto se sitúa en decúbito lateral, sobre el lado contrario al que se va aplicar la técnica.

- ❖ El fisioterapeuta, situado detrás del paciente, flexiona completamente la rodilla.
- ❖ Con el MMSS libre del fisioterapeuta, estabiliza la hemipelvis del lado evaluado para evitar que ascienda durante la maniobra.

- ❖ El fisioterapeuta imprime lentamente extensión de cadera dentro de la resistencia elástica y libre de dolor, hasta encontrar la primera “barrera”.
- ❖ Durante los 15 segundos de duración de cada repetición, el fisioterapeuta, aprovechando el momento espiratorio del paciente y manteniendo la flexión completa de rodilla, irá imprimiendo mayor extensión de cadera, buscando una nueva “barrera”, acción que se repetirá hasta agotarse los 15 segundos.

#### 4.3.4 Análisis Estadístico.

Mediante la exportación de los valores numéricos de las variables de cada sujeto a Excel se realizó un análisis descriptivo de sus medias, desviaciones estándar y errores estándar de la media. Posteriormente, utilizando el programa informático *Grahpad Instat 3.1*, se realizó el análisis estadístico. Se llevó a cabo un análisis comparativo de las variables principales, variables secundarias, variables funcionales, estado mental-motivacional y variables de carga de entrenamiento. Para comprobar la distribución normal de los datos de la muestra se utilizó el test Kolmogórov-Smirnov (test de normalidad KS).

Para valorar la posible diferenciación significativa entre los resultados, en los datos distribuidos en forma normal o Gaussiana, se aplicó el test paramétrico no pareado *t-student*, mientras que en los datos sin una distribución normal se aplicó el test no paramétrico *Mann-Whitney*.

Las diferencias entre grupos se han considerado estadísticamente significativas para  $p < 0,05$ . Así como se ha considerado una tendencia significativa para  $p (> 0,05 < 0,1)$ .

## 5. RESULTADOS.

A continuación se muestran los datos extraídos de los cuestionarios repartidos al total de 11 sujetos participantes en el estudio (n=11) previamente a la iniciación del estudio de campo. Ninguno de los sujetos abandonó el estudio.

En los cuestionarios se contemplan aspectos relevantes con riesgo de condicionar el estudio y sus variables. Tras su evaluación, todos reunían las condiciones necesarias para participar en el estudio. Estos fueron:

- ❖ Datos básicos y antropométricos, representados a continuación en forma de tabla. (Tabla 5.1)

SUJETOS	Edad (años)	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
# 1	17	64	167	23
# 2	18	73	175	23,8
# 3	18	58	167	20,8
# 4	17	77	180	23,8
# 5	18	79	174	26,1
# 6	18	67	172	22,6
# 7	18	76	178	24
# 8	17	59	166	21,4
# 9	19	71	173	23,7
# 10	18	76	180	23,5
# 11	18	73	178	23
MEDIA	17,82	70,27	173,64	23,25
SD	0,60	7,28	5,20	1,40

Tabla 5.1: Datos básicos y antropométricos de la muestra estudiada (n=11)

- ❖ Datos sobre la actividad deportiva, representados a continuación en forma de tabla. (Tabla 5.2)

DATOS BÁSICOS ACTIVIDAD DEPORTIVA	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	MEDIA	SD
Años compitiendo en Fútbol-Sala	5	10	8	8	6	10	12	12	8	11	6	8,73	2,45
Nº de temporadas en el Inter Movistar F.S	2	1	4	2	3	1	6	6	3	2	2	2,91	1,76
Posición de juego	Cierre	Ala	Ala	Portero	Portero	Pivot	Pivot	Cierre	Ala	Cierre	Cierre		
Pierna dominante *	Dcha.	Dcha.	Izq.	Dcha.	Dcha.	Dcha.	Dcha.	Dcha.	Izq.	Dcha.	Izq.		
Realiza alguna otra práctica deportiva	Gimnasio 3 d/s*	No	No	No	No	No	Gimnasio 3 d/s	No	No	No	Gimnasio 3 d/s		
Días de descanso deportivo a la semana	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1,73	0,47
Realiza alguna ER post-ejercicio	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		

Tabla 5.2: Datos sobre la actividad deportiva de la muestra estudiada (n=11)

- ❖ Datos sobre aspectos clínicos y hábitos de vida, representados a continuación en forma de tabla. (Tabla 5.3 y Tabla 5.4)

DATOS HISTORIAL CLÍNICO	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	MEDIA	SD
Lesiones previas en MMII	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si		
Intervenciones quirúrgicas en MMII	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Dolor o molestia actual en la práctica deportiva	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Tratamiento en MMII en los últimos 3 meses	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Material ortopédico en la práctica deportiva*	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Número de horas de sueño nocturno	8	9	7	8	9	8	9	8	7	8	7	8,00	0,77
Realiza siesta habitualmente*	2 horas	No	No	30 min	30 min	No	1 hora	No	No	No	No		
Realiza dieta alimentaria	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Alimentación específica tras el ejercicio	No	Fruta	No	Fruta	No	No	Fruta	No	No	No	No		
Complemento nutricional	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Consumo de agua diario aproximado (litros; L)	3	2	1,5	2	3	3	2	2	3	2	2	2,32	0,56
Es o ha sido fumador	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Consumo alcohol	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		

Tabla 5.3: Datos sobre aspectos clínicos y hábitos de vida de la muestra estudiada (n=11)

SUJETO	Tipo de lesión	Hace cuánto
#1	Tendinitis rotuliana rodilla dcha	14 meses
#3	Rotura fibrilar biceps femoral Izq	8 meses
#6	Rotura fibrilar aductores Izq.	12 meses
	Esguince grado I tobillo Dcho.	8 meses
#7	Fascitis plantar pie Dcho.	2 años
#8	Distensión fibrilar aductor Dcho.	9 meses
#9	Rotura fibrilar Biceps femoral Dcho.	12 meses
#10	Rotura fibrilar Recto anterior Izq.	18 meses
#11	Esguince grado 2 tobillo Dcho.	10 meses
	Esguince Interno rodilla Izq.	14 meses.

Tabla 2.4: Datos sobre lesiones de la muestra estudiada (n=11)

## **5.1 RESULTADOS DE LAS VARIABLES PRINCIPALES, SECUNDARIAS Y FUNCIONALES.**

A continuación se van a mostrar los datos de las variables y su análisis estadístico. Para facilitar su comprensión se han dividido los resultados en las variables principales, secundarias y funcionales según los objetivos perseguidos en:

- Resultados objetivo 1º: Evaluar la influencia del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala como test de fatiga/daño muscular en las variables inmediatamente después del mismo.
- Resultados objetivo 2º: Evaluar la influencia del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala como test de fatiga/daño muscular en las variables a las 24 horas del mismo.
- Resultados objetivo 3º: Evaluar la influencia de las ER de los GC y GI en la modificación de variables de fatiga/daño muscular inmediatamente después del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala.
- Resultados objetivo 4º: Evaluar la influencia de las ER de los GC y GI en la modificación de variables de fatiga/daño muscular tras 24 horas del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala.

### **5.1.1 Variables principales.**

#### ***5.1.1.1 Resultados en la variable de fuerza muscular.***

Los datos de fuerza muscular recogidos en la pierna dominante por dinamometría fueron registrados en los 11 jugadores en 5 ocasiones: en el primer día, antes y después del entrenamiento específico, en el segundo día antes del entrenamiento y después del entrenamiento y aplicación de las ER de estudio y en el tercer día antes del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala.

En la siguiente tabla (Tabla 5.5) se reúnen las medias de las tres repeticiones realizadas en la dinamometría expresada en Newtons (N) del GC y GI.

FUERZA EN LA DINAMOMETRÍA DEL GRUPO CONTROL (Newtons)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev.	Post-ev.	Pre-ev.	Post-ev.	Pre-ev.
# 1	277,00	238,00	254,67	263,00	277,67
# 4	227,00	230,00	225,00	229,00	231,00
# 5	261,00	250,00	230,00	219,00	240,00
# 6	273,33	259,00	257,33	252,33	262,33
# 11	191,66	189,33	176,66	177,66	181,33
MEDIA	246,00	233,27	228,73	228,20	238,47
SD	36,22	26,95	32,47	33,29	36,84
FUERZA EN LA DINAMOMETRÍA DEL GRUPO INTERVENCIÓN (Newtons)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev.	Post-ev.	Pre-ev.	Post-ev.	Pre-ev.
# 2	250,00	246,00	236,00	250,00	260,67
# 3	273,00	257,66	218,67	223,00	271,33
# 7	288,66	292,33	277,33	290,00	294,00
# 8	276,66	267,66	272,33	278,00	276,33
# 9	225,33	207,33	219,00	231,67	234,67
# 10	270,00	277,33	253,33	244,67	269,00
MEDIA	263,94	258,05	246,11	252,89	267,67
SD	22,70	29,52	25,71	26,18	19,60

Tabla 5.5: Valores numéricos de la fuerza muscular registrados a través de la dinamometría en los GC y GI.

En la Figura 5.1 se puede observar la representación en forma gráfica de las medias de todos los sujetos de ambos grupos. Permitiendo así la comparación entre grupos mediante análisis estadístico.

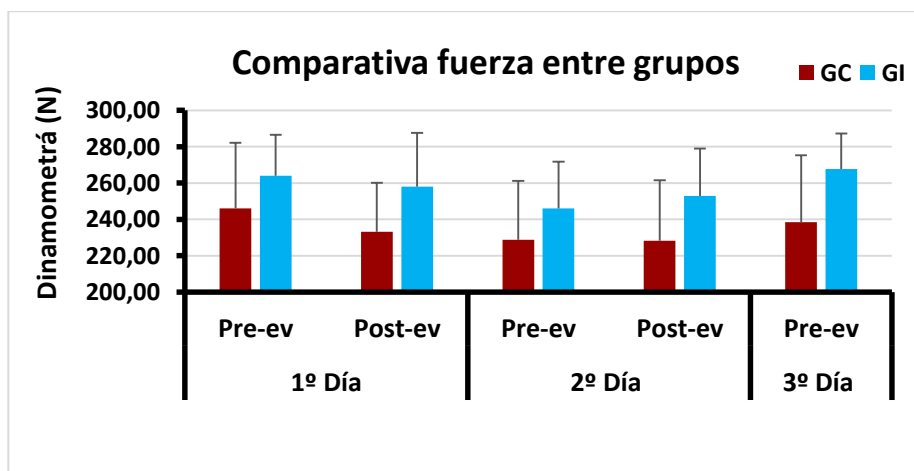


Figura 5.1: Representación gráfica de las medias obtenidas en la dinamometría de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.



Mediante el test de normalidad KS se determinó una distribución normal de los datos.

### 5.1.1.2 Resultados en la variable de dolor muscular.

Los datos de dolor muscular fueron recogidos tanto en la pierna dominante como en la no dominante en primer lugar durante la realización de una sentadilla utilizando la EVA y después mediante la algometría en el vientre muscular y en la unión miotendinosa del recto femoral. En la siguiente tabla (Tabla 5.6) se reúnen los datos de la valoración del dolor en la Escala Visual Analógica en ambas piernas de los 11 jugadores durante el momento excéntrico de la sentadilla.

DOLOR EN LA EVA DEL GRUPO CONTROL (medido de 0-10 pts.)										
Sujetos	1º Día				2º Día				3º Día	
Diestro(D)	Pre-ev		Post-ev		Pre-ev		Post-ev		Pre-ev	
Zurdo (I)	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.
# 1 (D)	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
# 4 (D)	0	0	0	0	2	2	1	2	1	1
# 5 (D)	0	0	0	0	3	2	2	1	1	1
# 6 (D)	0	0	0	0	4	2	3	1	1	0
# 11 (I)	0	0	0	0	2	3	1	1	1	1
MEDIA	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	2,00	1,60	1,00	0,80	0,60
SD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,71	0,89	0,71	0,45	0,55
DOLOR EN LA EVA DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido de 0-10 pts.)										
Sujetos	1º Día				2º Día				3º Día	
Diestro(D)	Pre-ev		Post-ev		Pre-ev		Post-ev		Pre-ev	
Zurdo (I)	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.	Pierna dcha.	Pierna izq.
# 2 (D)	0	0	0	0	3	3	1	1	1	1
# 3 (I)	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0
# 7 (D)	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1
# 8 (D)	0	0	0	0	3	1	1	1	0	0
# 9 (I)	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
# 10 (D)	0	0	0	0	4	2	2	1	1	1
MEDIA	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,00	0,83	0,67	0,33	0,50
SD	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,63	0,75	0,52	0,52	0,55

Tabla 5.6: Valores numéricos del dolor registrados a través de la EVA en los GC y GI en ambas piernas.

En la Figura 5.2 se representan gráficamente las medias de los valores de dolor en la EVA a modo de comparativa entre los grupos de estudio.

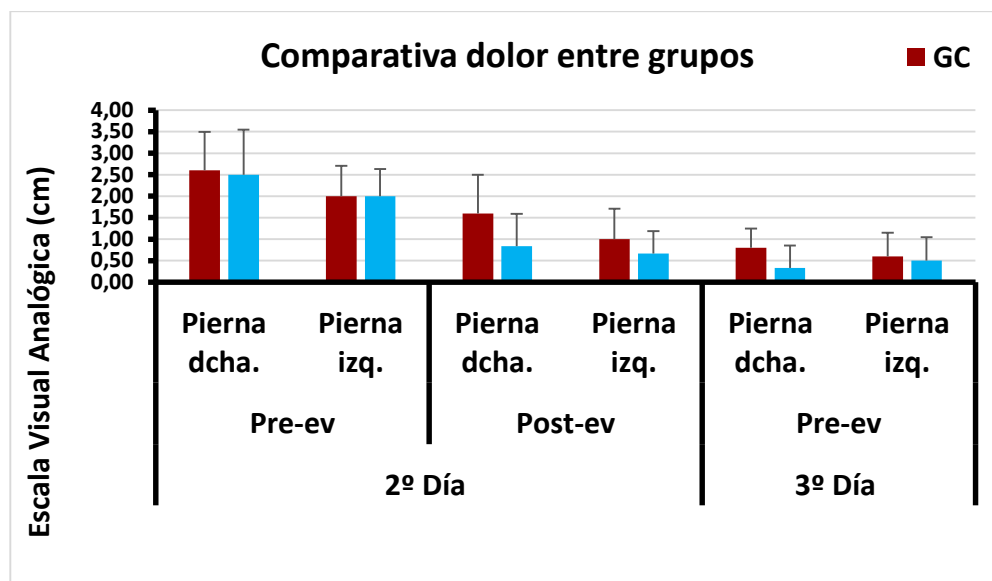


Figura 5.2: Representación gráfica de las medias obtenidas en la EVA de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

Mediante el test de normalidad KS se verificó que algunos de los datos recogidos no mostraban una distribución normal.

A continuación se presentan los valores de la Algometría, realizada en el vientre muscular y unión miotendinosa del recto femoral tanto en la pierna dominante como en la no dominante de los sujetos.

En la siguiente tabla (Tabla 8) se reúnen todos los datos numéricos de la valoración del dolor mediante algometría:

DOLOR EN LA ALGOMETRÍA DEL GRUPO CONTROL (medido en Newtons)																					
1º Día										2º Día										3º Día	
Sujetos		Pre-ev				Post-ev				Pre-ev				Post-ev				Pre-ev			
Diestro (D)	Pierna dcha.	Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.			
		Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT		
# 1 (D)	80,1	90,7	88,7	107,2	100,8	75,1	89,7	89,7	100,8	62,3	80,1	70,7	89,7	70,9	84,1	77,3	100,1	73,9	97,8		
# 4 (D)	97,1	103,2	96,2	100,8	91,7	92,3	93,2	95,7	91,7	77,2	94,1	89,2	99,2	93,2	100,7	94,3	87,1	90,5	97,3		
# 5 (D)	90,7	81,2	95,2	87,1	100,1	80,7	97,1	83,1	100,1	81,7	80,9	87,6	83,1	83,7	85,8	85,3	83,1	87,3	86,1		
# 6 (D)	99,1	100,7	90,3	102,1	99,1	97,2	98,3	90,1	99,1	71,7	82,1	79,9	71,9	79,7	82,1	82,1	73,9	95,1	99,1		
# 11 (I)	71,9	89,1	77,3	82,9	83,4	73,1	90,7	75,1	83,4	63,7	73,9	61,1	77,2	79,1	88,2	77,7	90,3	85,9	92,1		
MEDIA	87,78	92,98	89,54	96,02	95,02	83,68	93,80	86,74	95,02	71,32	82,22	77,70	84,22	81,32	88,18	83,34	86,90	86,54	94,48		
SD	11,56	8,99	7,54	10,45	7,45	10,62	3,81	7,89	7,45	8,39	7,36	11,83	10,69	8,11	7,35	6,96	9,61	7,90	5,39		
DOLOR EN LA ALGOMETRÍA DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en Newtons)																					
1º Día										2º Día										3º Día	
Sujetos		Pre-ev				Post-ev				Pre-ev				Post-ev				Pre-ev			
Diestro (D)	Pierna dcha.	Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.		Pierna dcha.		Pierna izq.			
		Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT	Vientre	Unión MT		
# 2 (D)	70	91	83,3	87,1	89,3	68,02	87,5	62	89,3	65,3	90,2	69,1	87,2	78,7	90,2	80,4	82	90,3	93,2		
# 3 (I)	81,2	94,1	85,3	82,7	92,3	76,9	89,9	75,7	92,3	85,9	93,2	61,8	81,2	77,7	102,1	79,2	99,7	88,8	90,1		
# 7 (D)	111,5	113,8	107,1	109,8	113,9	101,3	110,5	102,2	113,9	91,2	95,1	94	98,2	103,2	116,1	100,1	107,8	100,2	109,3		
# 8 (D)	90,1	94,7	92,7	93,3	95,4	90,7	97,1	90,9	95,4	76,2	82,7	87	94,1	83,1	88,9	90,7	97,9	93,3	99,5		
# 9 (I)	90,9	113,1	102,3	108	113,7	96,1	110,3	99	113,7	83,2	90,6	81,7	94,9	97,2	90	103	103,8	107,3	117,8		
# 10 (D)	112,3	99,1	114,7	103,4	100,1	120,1	102,4	119,3	100,1	77	81,9	93,3	93,3	85,7	90,2	95,1	93,7	97,2	107,3		
MEDIA	92,67	100,97	97,57	97,38	100,78	92,52	99,62	91,52	100,78	79,80	88,95	81,15	91,48	87,60	96,25	91,42	97,48	96,18	102,87		
SD	16,70	10,01	12,53	11,32	10,70	18,53	9,88	20,32	10,70	9,05	5,46	13,17	6,18	10,36	10,90	9,94	9,01	6,90	10,51		

Tabla 5.7: Valores numéricos del dolor registrados a través de la algometría en los GC y GI.

En la Figura 5.3 se representan en forma de gráfica las medias de los valores numéricos de la Tabla 5.7 de ambos grupos a modo comparativo:

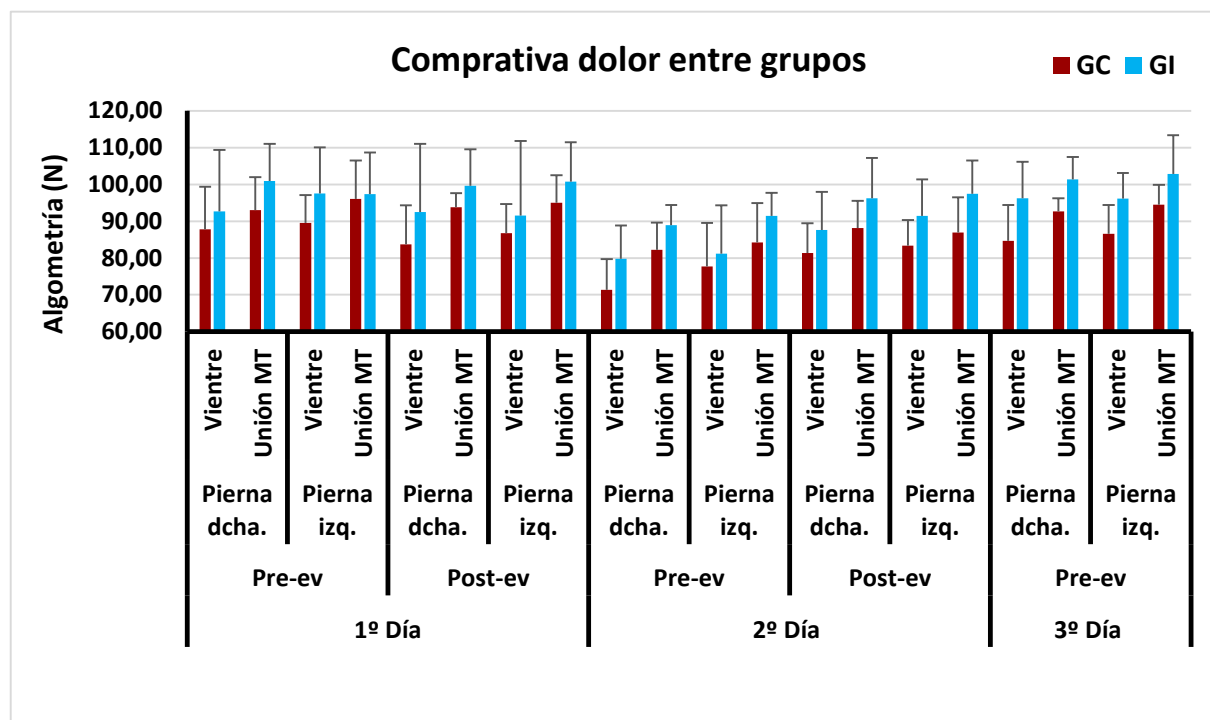


Figura 5.3: Representación gráfica de las medias obtenidas en la algometría de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponde a la desviación estándar.

Con el test de normalidad KS se demostró la distribución normal de los datos.

Mediante el análisis estadístico, se llevó a cabo la comparación de los datos del GC y GI de las variables principales, concluyendo en los siguientes resultados:

- Resultados objetivo 1º: El Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala no generó cambios significativos en las variables principales en el GC y GI inmediatamente después del mismo.
- Resultados objetivo 2º: El Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala generó cambios significativos a las 24 horas del mismo en la percepción del dolor en la EVA tanto en el GC como GI. Así como cambios significativos en la Algometría del vientre muscular en la pierna dominante del grupo control ( $p: 0,0328$ ), y tendencia significativa en la no dominante del GC ( $p: 0,0958$ ) y del GI ( $p: 0,0513$ ). En la unión miotendinosa, los cambios fueron significativos en la pierna dominante del GI ( $p: 0,0273$ ) y de tendencia significativa en la dominante del GC ( $P: 0,0721$ ). En el resto de variables principales no se observaron diferencias significativas.

- Resultado objetivo 3º: En el GC, se observó una tendencia significativa ( $p: 0,0558$ ) en la variable de dolor en la EVA en la pierna no dominante, así como una tendencia significativa ( $p: 0,0917$ ) en la Algometría de vientre muscular de la pierna dominante. En el GI, se verificó una diferencia muy significativa en la variable de dolor en la EVA tanto en la pierna dominante como en la no dominante ( $p: 0,0101$  y  $p: 0,0086$  respectivamente). En el resto de variables principales no se observaron cambios significativos.
- Resultado objetivo 4º: En el GC, se generó una diferencia significativa ( $p: 0,0088$ ) en la valoración de la EVA en la pierna dominante, al igual que en la pierna no dominante ( $p: 0,0215$ ). También se describió una diferencia significativa ( $p: 0,0490$ ) en la Algometría del vientre muscular de la pierna dominante y una diferencia significativa ( $p: 0,0212$ ) en la Algometría de unión MT de la pierna dominante, así como una tendencia significativa en la no dominante ( $p: 0,0916$ ). En el GI, se observaron diferencias significativas en la EVA tanto en la pierna dominante ( $p: 0,0066$ ) como en la no dominante ( $p: 0,0075$ ). Se observaron diferencias significativas ( $p: 0,0133$  y  $p: 0,0327$ ) en la Algometría del vientre muscular de las piernas dominantes y no dominantes respectivamente. Al igual que en la Algometría de unión MT donde las diferencias fueron significativas en la pierna dominante ( $p: 0,0039$ ) y en la no dominante ( $p: 0,0452$ ). En el resto de variables principales no se observaron diferencias significativas.

### 5.1.2 Variables secundarias.

#### 5.1.2.1 Resultado en la variable del rango de movimiento.

Como medida indirecta de la rigidez muscular como parámetro del daño muscular inducido por el ejercicio, se cuantificó el ROM libre de dolor de la flexión de rodilla con flexo-extensión neutra de cadera. Se realizó mediante goniometría manual, y al igual que las variables principales se midió en las mismas 5 ocasiones en la pierna dominante de los 11 jugadores.

En la siguiente tabla (Tabla 5.8) se reúnen los valores expresados en grados.

ROM EN LA GONIOMETRÍA DEL GRUPO CONTROL (medido en grados)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 1	130,00	127,00	121,00	125,00	130,00
# 4	133,00	131,00	126,00	130,00	130,00
# 5	125,00	120,00	117,00	120,00	125,00
# 6	140,00	137,00	133,00	138,00	138,00
# 11	128,00	128,00	121,00	125,00	125,00
MEDIA	131,20	128,60	123,60	127,60	129,60
SD	5,72	6,19	6,15	6,80	5,32
ROM EN LA GONIOMETRÍA DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en grados)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 2	147,00	140,00	131,00	143,00	147,00
# 3	130,00	127,00	120,00	125,00	129,00
# 7	135,00	135,00	120,00	129,00	133,00
# 8	135,00	130,00	130,00	135,00	135,00
# 9	132,00	127,00	121,00	125,00	132,00
# 10	143,00	140,00	133,00	137,00	138,00
MEDIA	137,00	133,17	125,83	132,33	135,67
SD	6,60	6,05	6,11	7,23	6,31

Tabla 5.8: Valores numéricos del rango de movimiento libre de dolor registrados a través de la goniometría en los GC y GI

A continuación (Figura 5.4) se representan en forma de gráfico comparativo las medias de todos los valores registrados en los 11 sujetos.

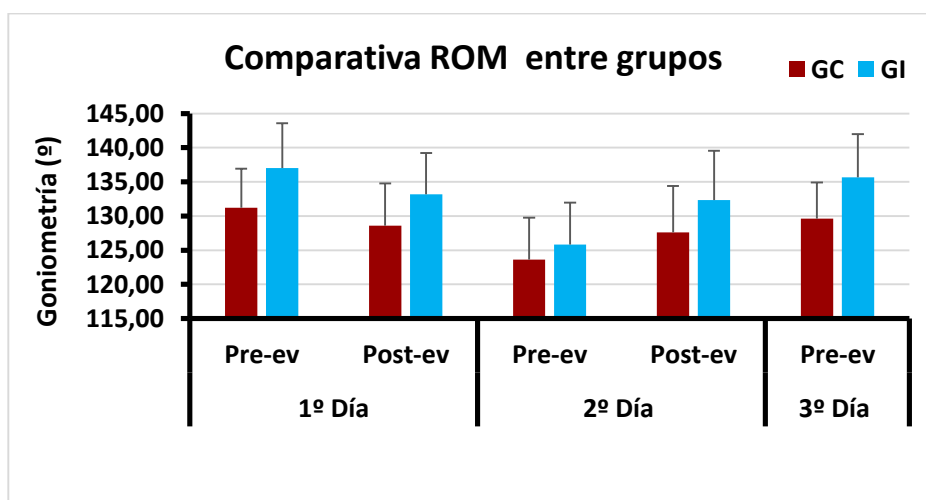


Figura 5.4: Representación gráfica de las medias obtenidas de la valoración goniométrica en la pierna dominante de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

Mediante el test de normalidad KS se confirmó la distribución normal de los datos.

### 5.1.2.2 Resultado en la variable de hinchazón o swelling.

Mediante cirtometría se cuantificó el volumen del muslo en la pierna dominante de los sujetos en los momentos descritos en las mediciones anteriores. En la siguiente tabla (Tabla 5.9) se reflejan los valores.

<b>CIRTOMETRÍA DEL MUSLO EN EL GRUPO CONTROL (medido en cm)</b>					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 1	50,00	52,00	50,70	51,80	51,20
# 4	53,00	53,50	54,50	53,50	53,70
# 5	62,00	63,50	63,00	62,70	62,00
# 6	52,00	53,70	52,50	53,00	52,60
# 11	49,00	51,30	49,00	49,70	49,20
MEDIA	53,20	54,80	53,94	54,14	53,74
SD	5,17	4,97	5,46	5,00	4,91
<b>CIRTOMETRÍA DEL MUSLO GRUPO INTERVENCIÓN (medido en cm)</b>					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 2	54,50	56,00	54,50	55,00	54,50
# 3	45,00	46,00	45,50	46,00	45,80
# 7	55,00	58,00	55,00	56,00	55,00
# 8	47,00	49,00	47,30	48,00	47,00
# 9	54,00	57,00	54,00	57,00	54,00
# 10	56,00	57,00	56,00	56,50	56,00
MEDIA	51,92	53,83	52,05	53,08	52,05
SD	4,67	5,04	4,46	4,80	4,44

Tabla 5.9: Valores numéricos del volumen muscular registrado a través de la cirtometría en ambas piernas de los sujetos del GC y GI.

En la siguiente gráfica (Figura 5.5) se representan los valores a modo comparativo entre ambos grupos de estudio.

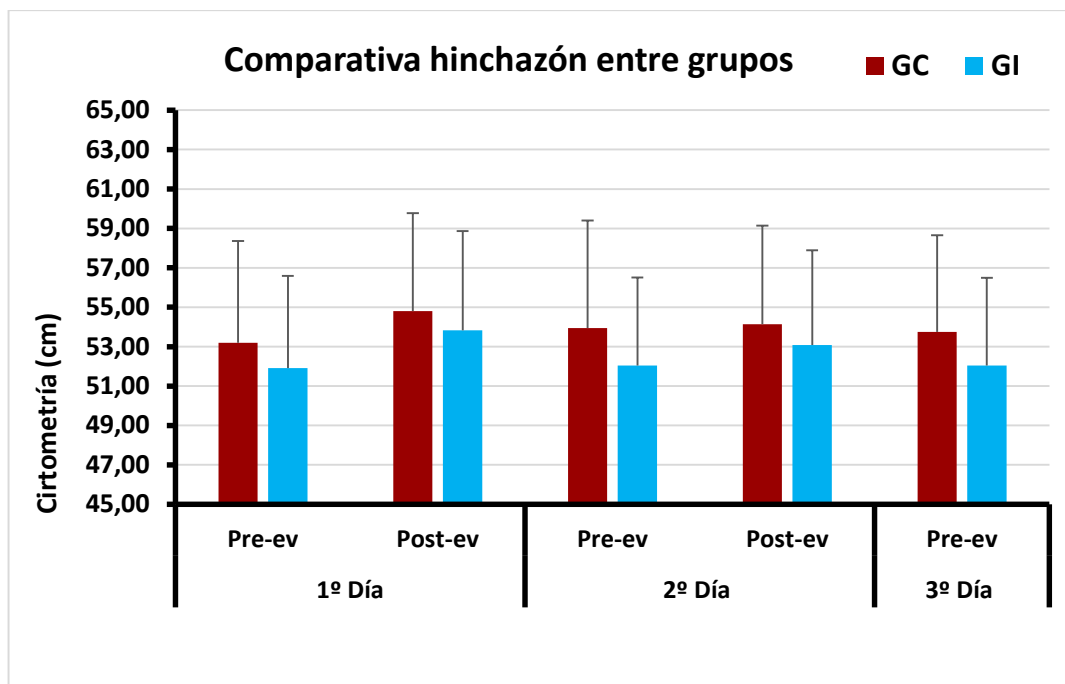


Figura 5.5: Representación gráfica de las medias obtenidas de la valoración cirtométrica en la pierna dominante de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Mediante el test de normalidad KS se verificó que no todos los datos recogidos presentaban una distribución normal.

### 5.1.2.3 Resultados en la variable de RMS.

Mediante EMGS se registró la actividad eléctrica durante la contracción isométrica máxima del recto femoral y vasto lateral de la pierna dominante de los sujetos de ambos grupos de estudio en las mismas 5 ocasiones que el resto de variables.

Se registraron tres repeticiones en cada valoración de cada sujeto. Los valores de la RMS de cada una de esas tres contracciones se calcularon posteriormente en Excel y la media de esos tres valores aparece reflejados en la tabla 5.10.



ELECTROMIOGRAFÍA DEL GRUPO CONTROL (medido en RSM)														
Sujetos	1º Día						2º Día						3º Día	
	Pre-ev			Post-ev			Pre-ev			Post-ev			Pre-ev	
	Recto femoral		Vasto lateral		Recto femoral		Recto femoral		Vasto lateral		Recto femoral		Recto femoral	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
# 1	0,90	0,06	0,29	0,04	0,68	0,12	0,65	0,03	0,26	0,02	0,72	0,14	0,47	0,05
# 4	1,10	0,05	0,42	0,04	1,37	0,28	0,43	0,05	0,59	0,07	0,52	0,08	0,68	0,01
# 5	1,07	0,62	0,17	0,01	0,73	0,02	0,85	0,06	0,48	0,04	0,87	0,16	0,86	0,14
# 6	0,24	0,03	0,87	0,19	0,75	0,08	0,26	0,03	0,86	0,08	0,29	0,04	0,50	0,03
# 11	0,31	0,02	0,72	0,07	0,65	0,05	0,45	0,05	0,43	0,05	0,35	0,04	0,42	0,11
MEDIA	0,72		0,49		0,83		0,53		0,53		0,55		0,59	
SD	0,42		0,29		0,30		0,23		0,22		0,24		0,18	
ESM	0,10		0,07		0,08		0,06		0,06		0,06		0,05	
ELECTROMIOGRAFÍA DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en RSM)														
Sujetos	1º Día						2º Día						3º Día	
	Pre-ev			Post-ev			Pre-ev			Post-ev			Pre-ev	
	Recto femoral		Vasto lateral		Recto femoral		Recto femoral		Vasto lateral		Recto femoral		Recto femoral	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
# 2	0,28	0,05	0,48	0,07	0,58	0,06	0,50	0,06	0,53	0,07	0,50	0,03	0,44	0,03
# 3	0,38	0,01	0,62	0,29	0,48	0,03	0,26	0,01	0,44	0,09	0,52	0,10	0,42	0,01
# 7	0,91	0,10	0,23	0,01	0,62	0,05	0,57	0,07	0,48	0,07	0,66	0,14	0,53	0,06
# 8	0,34	0,01	0,71	0,03	0,58	0,04	0,42	0,11	0,34	0,09	0,39	0,12	0,46	0,08
# 9	0,99	0,18	0,34	0,02	0,90	0,02	0,43	0,08	0,43	0,15	0,76	0,14	0,97	0,11
# 10	0,50	0,03	0,22	0,03	0,38	0,06	0,67	0,08	0,35	0,02	0,62	0,06	0,45	0,12
MEDIA	0,57		0,43		0,59		0,47		0,43		0,57		0,54	
SD	0,31		0,20		0,18		0,14		0,07		0,13		0,21	
ESM	0,06		0,04		0,04		0,03		0,01		0,03		0,04	

Tabla 5.10: Valores numéricos de RMS registrado a través de la electromiografía en los GC y GI.

A continuación aparecen reflejados esos datos en forma de gráfica comparativa (Figura 5.6)

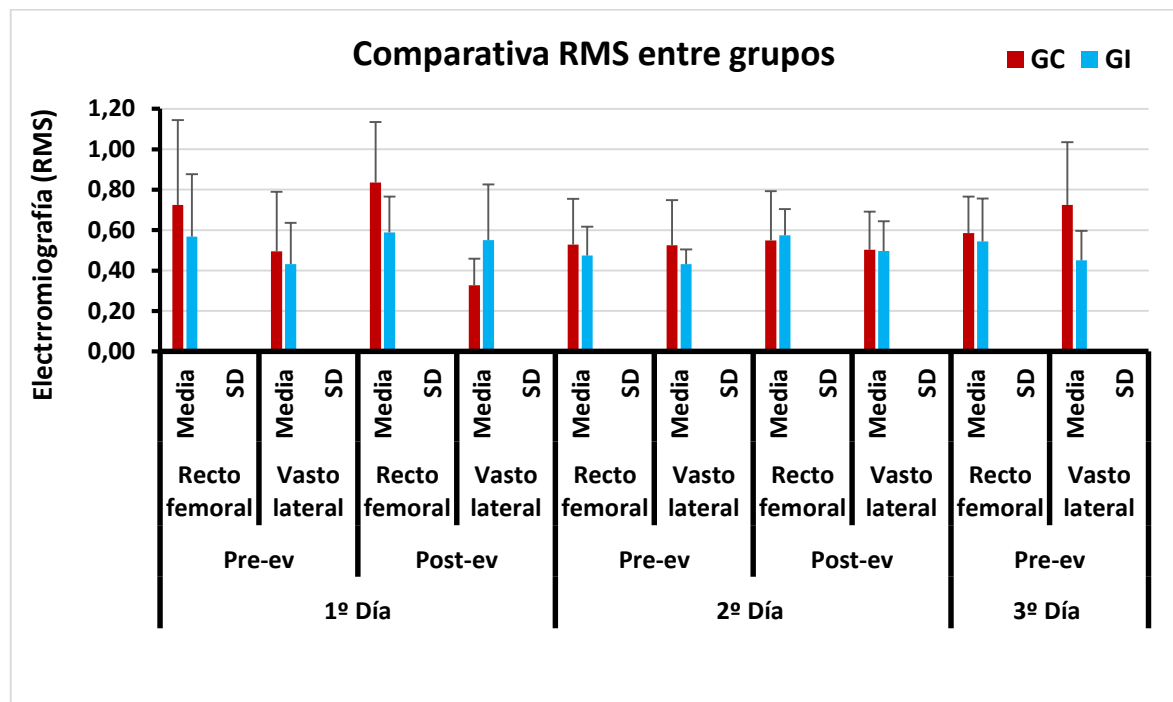


Figura 5.6: Representación gráfica de las medias obtenidas de la valoración electromiográfica en la pierna dominante de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

Con el test KS de normalidad se determinó que todos los datos presentaban una distribución normal.

Mediante el análisis estadístico de los resultados se realizó la comparación entre los datos y emisión de resultados:

- Resultados objetivo 1: El Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala no produjo cambios significativos en las variables secundarias en ninguno de los grupos sujetos a estudio inmediatamente después de la realización del mismo.
- Resultado objetivo 2: El Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala provocó diferencias significativas ( $p: 0,0125$ ) en el rango de movimiento de flexión de rodilla tras 24 horas del mismo en el GI, además de producir una tendencia significativa ( $P: 0,0776$ ) con los cambios en la misma variable en el GC. En el resto de variables secundarios no se observaron diferencias significativas en ningún grupo.

- Resultado objetivo 3: Los cambios observados en las variables secundarias no fueron significativos tras la aplicación de las ER de los grupos control e intervención.
- Resultado objetivo 4: En el GI se describieron diferencias significativas en la variable de rango de movimiento de flexión de rodilla libre de dolor a las 24 horas de llevar a cabo el método e intervención del GI formado por los estiramientos analíticos y la MNM.

### 5.1.3 Variables de funcionalidad.

#### 5.1.3.1 Resultados en la prueba Vertical Jump.

En la Tabla 5.11 aparecen las medias de los dos saltos realizados por sujeto en cada una de las 5 evaluaciones del Vertical Jump.

VERTICAL JUMP DEL GRUPO CONTROL (medido en m)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 1	2,60	2,68	2,61	2,61	2,57
# 4	2,44	2,51	2,52	2,54	2,52
# 5	2,34	2,28	2,24	2,25	2,26
# 6	2,68	2,68	2,45	2,70	2,58
# 11	2,28	2,38	2,36	2,38	2,35
MEDIA	2,47	2,50	2,44	2,49	2,46
SD	0,17	0,18	0,14	0,18	0,14
VERTICAL JUMP DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en m)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 2	2,69	2,64	2,66	2,67	2,70
# 3	2,44	2,41	2,38	2,34	2,42
# 7	2,74	2,75	2,64	2,65	2,78
# 8	2,49	2,56	2,51	2,43	2,55
# 9	2,59	2,59	2,48	2,17	2,61
# 10	2,71	2,77	2,69	2,71	2,73
MEDIA	2,61	2,62	2,56	2,49	2,63
SD	0,13	0,13	0,12	0,22	0,13

Tabla 5.11: Valores numéricos de Vertical Jump registrado en los GC y GI.

A continuación se representan en forma de gráfico las medias de los sujetos de ambos grupos a modo comparativo (Figura 5.7)

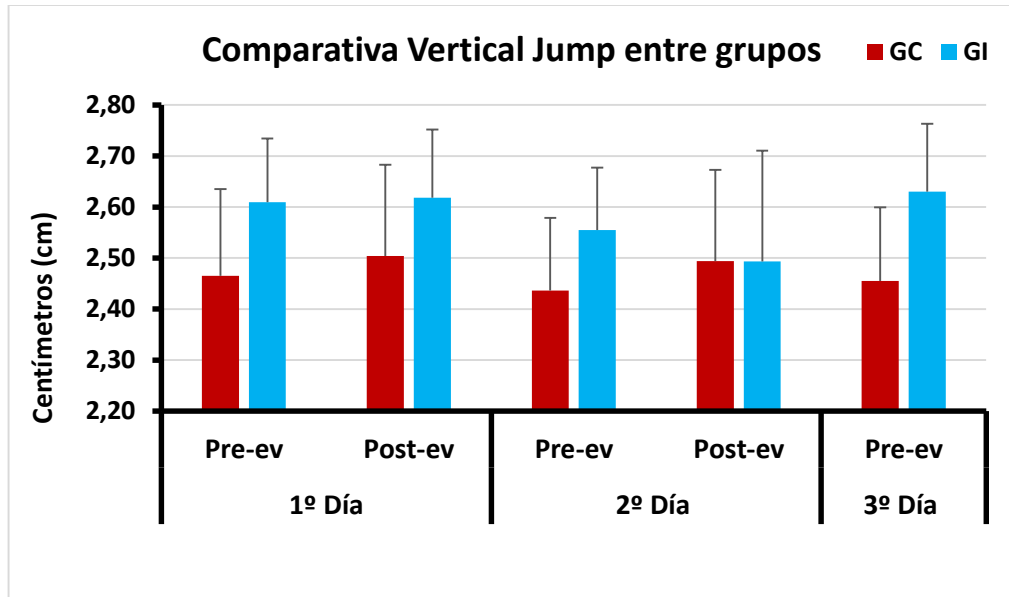


Figura 5.7: Representación gráfica de las medias obtenidas en la Vertical Jump de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

Con el test de normalidad KS se confirmó una distribución normal de los datos.

#### ***5.1.3.2 Resultados en la prueba de One Leg Hop.***

En la Tabla 5.12 se pueden observar los resultados numéricos de las medias de los dos saltos realizados en el test de funcionalidad One Leg Hop ejecutados por cada sujeto en cada una de las 5 valoraciones, siendo en la Figura 5.8 la representación gráfica de las medias de los valores para su comparación y análisis.

Con el test de normalidad KS se confirmó una distribución normal de los datos.

ONE LEG HOP DEL GRUPO CONTROL (medido en cm)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 1	2,07	2,09	2,03	2,00	2,01
# 4	1,94	1,93	1,91	1,94	1,98
# 5	1,81	1,82	1,74	1,75	1,79
# 6	1,76	1,76	1,69	1,79	1,76
# 11	2,09	2,04	1,96	1,98	2,02
MEDIA	1,93	1,92	1,86	1,89	1,91
SD	0,15	0,14	0,15	0,12	0,13
ONE LEG HOP DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en cm)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 2	2,06	2,03	2,03	2,08	2,10
# 3	1,79	1,75	1,75	1,74	1,81
# 7	2,10	2,08	2,01	1,98	2,04
# 8	1,94	1,83	1,99	2,03	1,96
# 9	2,03	1,99	2,04	2,01	2,10
# 10	2,09	2,11	2,08	2,07	2,04
MEDIA	2,00	1,96	1,98	1,98	2,01
SD	0,12	0,14	0,12	0,12	0,11

Tabla 5.12: Valores numéricos de One Leg Hop registrado en los GC y GI.

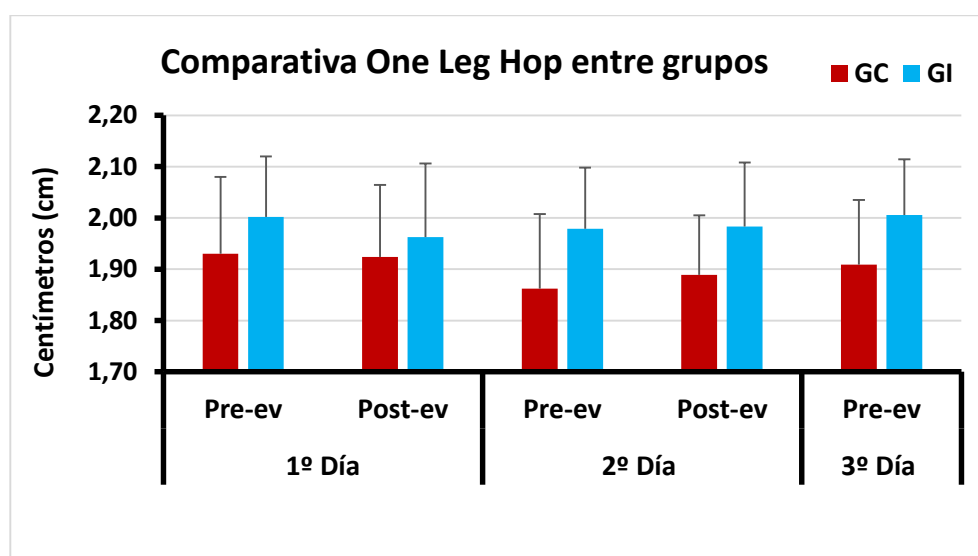


Figura 5.8: Representación gráfica de las medias obtenidas de One Leg Hop de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

### 5.1.3.3 Resultados en la prueba de Sprints.

SPRINTS DEL GRUPO CONTROL (medido en s)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 1	7,68	7,81	7,80	7,83	7,75
# 4	7,35	7,40	7,42	7,44	7,34
# 5	8,10	8,70	8,20	8,73	8,21
# 6	7,51	7,97	7,57	7,69	7,57
# 11	7,55	7,80	7,83	7,79	7,56
MEDIA	7,64	7,94	7,76	7,90	7,69
SD	0,28	0,48	0,30	0,49	0,33
SPRINTS DEL GRUPO INTERVENCIÓN (medido en s)					
Sujetos	1º Día		2º Día		3º Día
	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev	Post-ev	Pre-ev
# 2	7,30	7,48	7,44	7,41	7,34
# 3	7,58	7,90	7,63	7,69	7,54
# 7	7,51	7,55	7,82	7,73	7,53
# 8	7,75	7,94	7,81	7,80	7,78
# 9	7,45	7,63	7,61	7,62	7,44
# 10	7,38	7,60	7,56	7,58	7,43
MEDIA	7,50	7,68	7,65	7,64	7,51
SD	0,16	0,19	0,15	0,14	0,15

Tabla 5.13: Valores numéricos de Sprints registrado en los GC y GI.

En la Figura 5.9 se representa en forma de gráfica los datos de los Sprints recogidos en la tabla 5.13.

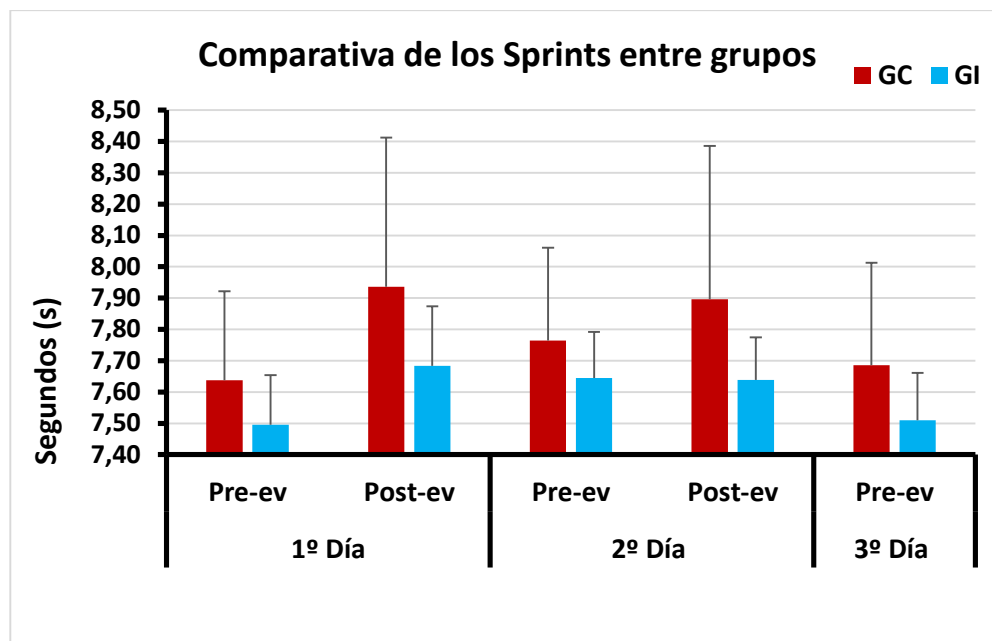


Figura 5.9: Representación gráfica de las medias obtenidas de los Sprints de todos los sujetos de los GC y GI a modo comparativo. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar

Mediante el test KS de normalidad se afirmó una distribución normal de los datos.

Tras la realización del análisis estadístico se describen los siguientes resultados:

No se describen resultados significativos para ninguno de los 4 objetivos pautados en ninguno de los grupos que constituyen el estudio. Esto se traduce en una ausencia de cambios significativos por parte del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala en las variables de funcionalidad tanto inmediatamente después del mismo como tras 24 horas y una falta de diferencias significativas en las variables de funcionalidad tanto en el GC como en el GI tanto inmediatamente después de la aplicación de las ER como a las 24 horas de la misma.

## 5.2 RESULTADOS EN EL CUESTIONARIO DE ESTADO MENTAL - MOTIVACIONAL.

Los 11 jugadores rellenaron en dos ocasiones, una el primer día y otra el tercero al finalizar la sesión, la escala POMS-SF, la cual aporta información acerca del estado mental-motivacional de los jugadores y con ello nociones de un posible síndrome del sobreentrenamiento. A continuación se representan gráficamente la Alteración de Ánimo total o *Total Mood Disturbance* (TMD) de cada sujeto de las escalas rellenadas en la primera y última sesión (Figuras 5.10 y 5.11).

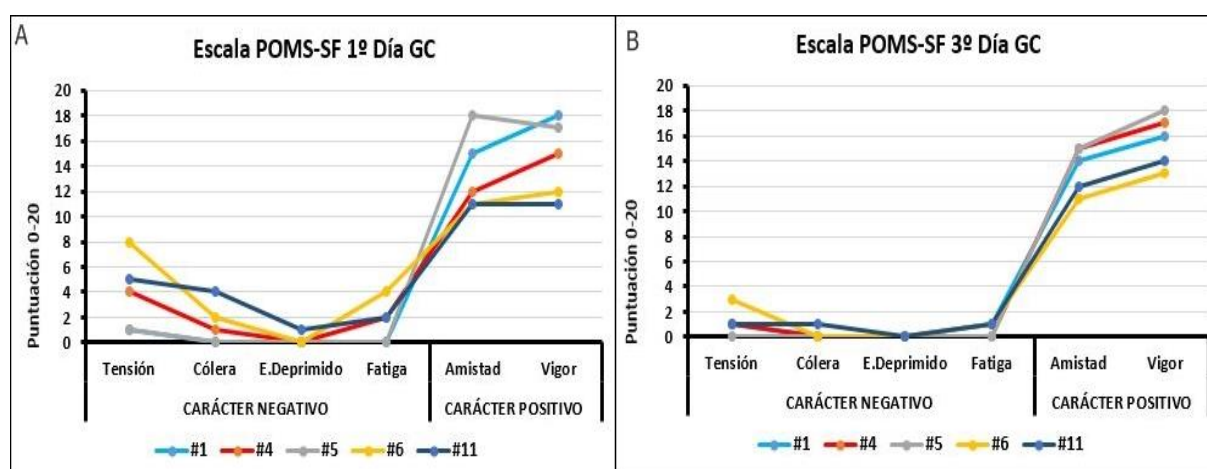


Figura 5.10: Representación gráfica de la TMD en los sujetos del GC en el 1º (A) y 3º (B) día.

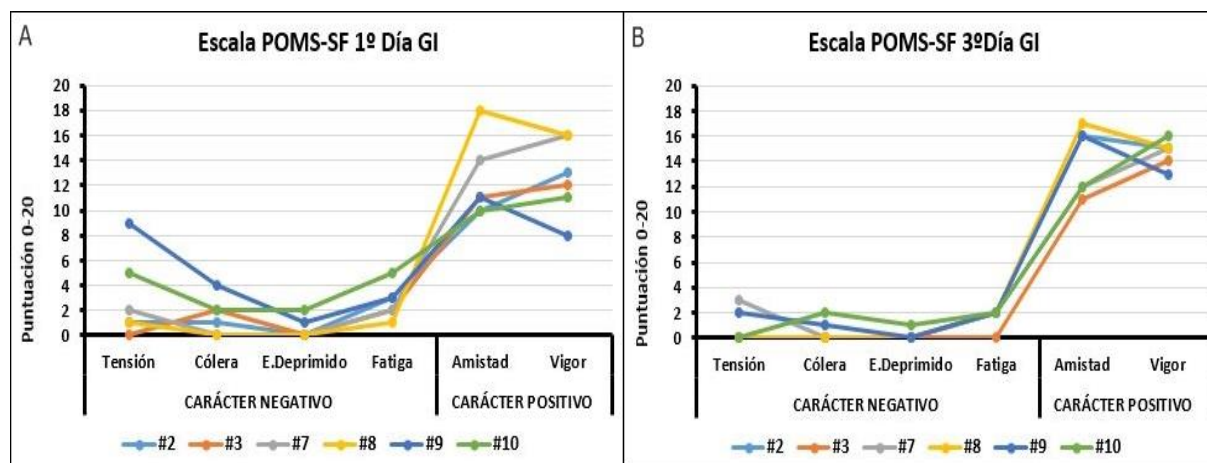


Figura 5.11: Representación gráfica de la TMD en los sujetos del GI en el 1º (A) y 3º (B) día.

De las gráficas se desprende la ausencia del Perfil de Iceberg Invertido, lo cual conducir a pensar en la ausencia de un síndrome de sobreentrenamiento, eliminando el peso del estado mental o motivacional como factor condicionante de la fatiga y del rendimiento deportivo.



### 5.3 RESULTADOS EN LAS VARIABLES DE CARGA DE ENTRENAMIENTO.

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en el presente estudio es el Entrenamiento Específico como “test” de fatiga y/daño muscular. Con el objetivo de establecer una homogeneidad entre las 6 sesiones realizadas en total, se registraron la frecuencia cardiaca mediante Pulsómetro digital de un jugador por sesión y también los valores subjetivos de esfuerzo mediante la escala CR10-Borg.

En las Tablas 14 y 15 se recogen los valores de frecuencia cardiaca registrados mediante el Pulsómetro digital en los 6 jugadores durante las 2 semanas de estudio.

1º SEMANA	1º Día Jugador 1	2º Día Jugador 3	3º Día Jugador 5
10 min	98	82	96
20 min	113	119	123
30 min	137	121	140
40 min	189	173	175
50 min	183	190	187
60 min	171	185	177
70 min	177	180	180
80 min	188	179	180
90 min	182	170	173
100 min	163	139	157
<b>MEDIA</b>	160,1	153,8	158,8
<b>SD</b>	32,73	36,36	29,95

Tabla 5.14: Valores numéricos de la frecuencia cardiaca durante la sesión de entrenamiento de 2 horas sujetos #1, #3 y #5

2º SEMANA	1º Día Jugador 2	2º Día Jugador 4	3º Día Jugador 6
10 min	87	91	83
20 min	123	126	114
30 min	125	123	138
40 min	172	140	163
50 min	173	137	160
60 min	180	179	177
70 min	179	163	179
80 min	183	187	160
90 min	172	180	156
100 min	164	173	170
<b>MEDIA</b>	155,8	149,9	150
<b>SD</b>	32,51	31,38	30,38

Tabla 5.15: Valores numéricos de la frecuencia cardiaca durante la sesión de entrenamiento de 2 horas sujetos #2, #4 y #6

Se realizó un análisis estadístico mediante el test no paramétrico Kruskal-Wallis con el cual al comparar los valores, se determinó una ausencia de diferencias significativas ( $p: 0,7803$ ) entre los sujetos y sus mediciones.

Además, se dividió el tiempo del entrenamiento según tres zonas de intensidad: actividad muy vigorosa ( $> 85\% FC_{\text{máx}}$ ), actividad moderada ( $65-85\% FC_{\text{máx}}$ ) y baja actividad ( $< 65\% FC_{\text{máx}}$ ), con el objetivo de determinar la naturaleza de intensidad de estos entrenamientos. Los resultados aparecen expresados en forma de gráfica en la Figura 5.12.



Figura 5.12: Representación gráfica del porcentaje del tiempo de entrenamiento según la media de frecuencia cardíaca de los jugadores

La parte azul representa el tiempo jugado a más del 85% de la frecuencia máxima de los participantes, un total del 48% del tiempo del entrenamiento de media en las 6 sesiones de estudio. De la gráfica se desprende la alta intensidad con la que se realizan los entrenamientos, simulando de esta manera las sollicitaciones fisiológicas de los partidos de competición.

Por otro lado de forma complementaria a la FC, la percepción subjetiva de esfuerzo de los sujetos enriqueció la información acerca de la carga de los entrenamientos.

En la tabla 5.16, se encuentran los valores subjetivos de esfuerzo otorgados por los sujetos en la escala CR10-Borg. Las medias de esas medidas aparecen representadas en forma de gráfica en la Figura 5.13.

CR10-BORG DEL GRUPO CONTROL (0-10 ptos.)									
Sujetos	1º Entrenamiento			2º Entrenamiento			3º Entrenamiento		
	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar
# 1	2	7	7	2	6	7	3	7	8
# 4	2	5	5	2	2	3	1	3	3
# 5	3	4	4	1	2	3	3	2	3
# 6	2	5	7	3	7	7	3	6	8
# 11	2	5	7	3	6	8	3	7	7
MEDIA	2,20	5,20	6,00	2,20	4,60	5,60	2,60	5,00	5,80
SD	0,45	1,10	1,41	0,84	2,41	2,41	0,89	2,35	2,59
CR10-BORG DEL GRUPO INTERVENCIÓN (0-10 ptos.)									
Sujetos	1º Entrenamiento			2º Entrenamiento			3º Entrenamiento		
	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar	A los 20 min.	A los 50 min.	Al finalizar
# 2	2	5	6	2	6	7	2	5	6
# 3	3	7	8	4	6	8	3	5	7
# 7	4	7	7	3	6	7	2	6	8
# 8	3	7	7	4	7	8	4	8	8
# 9	2	7	7	3	8	8	2	6	7
# 10	4	7	8	3	6	7	3	6	7
MEDIA	3,00	6,67	7,17	3,17	6,50	7,50	2,67	6,00	7,17
SD	0,89	0,82	0,75	0,75	0,84	0,55	0,82	1,10	0,75

Tabla 5.16: Valores numéricos de la percepción subjetiva de esfuerzo registrada mediante la escala CR10-Borg a los 20, 50 minutos y al finalizar el entrenamiento de las sesiones de entrenamiento.

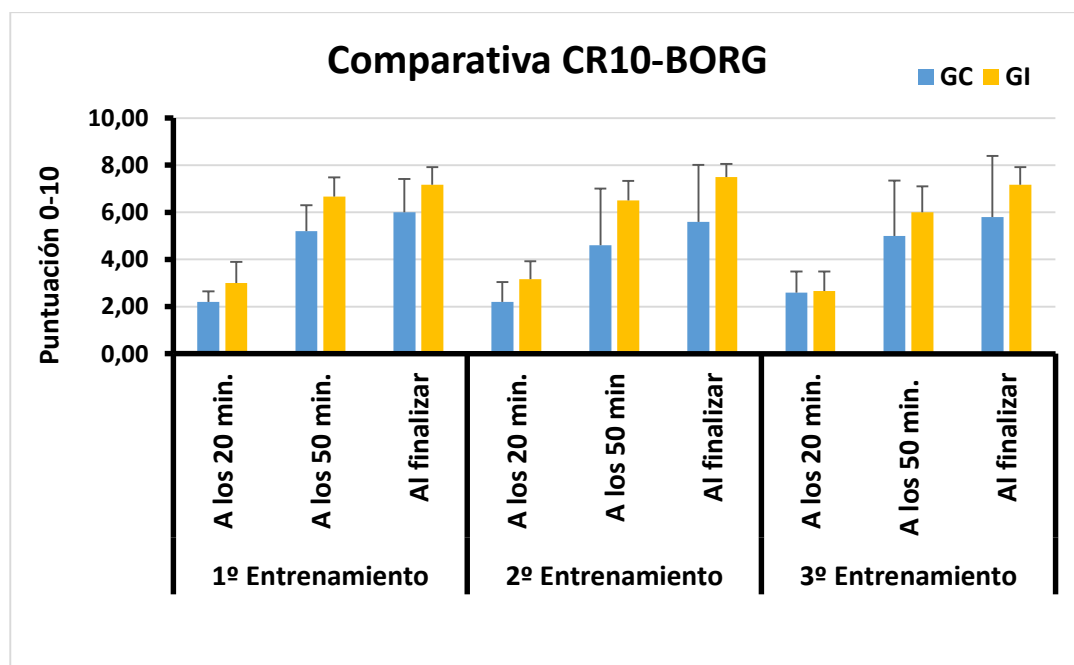


Figura 5.13: Representación gráfica de las medias de CR10-Borg de los GC y GI a los 20, 50 minutos y al finalizar en las sesiones. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar.

Para la comparación entre los valores registrados a los 20, 50 minutos y al finalizar el entrenamiento entre todos los jugadores del estudio, se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el test Kruskal-Wallis. No se describieron diferencias significativas en los tres momentos de mediciones (p: 0,2338, p: 0,2237 y p: 0,3966 respectivamente) entre los sujetos del estudio; esto aporta mayor evidencia a la homogeneidad entre las cargas impuestas en los entrenamientos.

#### 5.4 CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL.

Se calculó el tamaño muestral para la variable principal de fuerza siguiendo la Tabla 5.17, con el objetivo de determinar el número de sujetos que serían necesarios para que los resultados ganen validez externa y sean extrapolables al resto de la población gracias a unas diferencias estadísticamente significativas. Se utilizó *Two-Sided* con una sensibilidad ( $\alpha$ ) de 0,05 y una potencia ( $\beta$ ) de 0,10.

ONE-SIDED $\alpha$	0,005			0,025		
TWO- SIDED $\alpha$	0,01			0,05		
$\beta$	0,05	0,10	0,20	0,05	0,10	0,20
E/S*						
0,10	3,565	2,978	2,338	2,6	2,103	1,571
0,15	1,586	1,325	1,04	1,157	935	699
0,20	893	746	586	651	526	394
0,25	572	478	376	417	338	253
0,30	398	333	262	290	235	176
0,40	225	188	148	164	133	100
0,50	145	121	96	105	86	64
0,60	101	85	67	74	60	45
0,70	75	63	50	55	44	34
0,80	58	49	39	42	34	26
0,90	46	39	32	34	27	21
1,00	38	32	26	27	23	17

Tabla 5.17: E/S\* es el tamaño de efecto estandarizado, obtenido de E (tamaño de efecto esperado) dividido por S (SD de la variable mayor).

Para la variable de la fuerza muscular en la CVIM, el tamaño de efecto estandarizado fue de 0,50 por lo que el tamaño muestral del que se debería formar el estudio para encontrar diferencias significativas y afirmar con ello una evidencia de cambio fue de 86 sujetos.

## 6. DISCUSIÓN.

El presente estudio plantea a la MNM como posible técnica o método de fisioterapia capaz de influir positivamente sobre la mejora de las variables de fatiga y/o daño muscular que acontecen en el ejercicio físico, a fin de mejorar el rendimiento deportivo y colateralmente minimizar el riesgo lesional.

Para ello, se contó con 11 jugadores juveniles de Fútbol-Sala profesional, todos pertenecientes al mismo equipo.

Al contar únicamente con jugadores varones, se eliminaron posibles diferencias inherentes al género, como por ejemplo el tiempo de resistencia. <sup>(67)(129)</sup> Las diferencias de género fueron evidenciadas en el estudio realizado por Syers y Clarkson <sup>(130)</sup>, midieron la disminución de fuerza y recuperación en los flexores de codo con 98 hombres y 94 mujeres. Como resultado obtuvieron que las mujeres son más susceptibles de una mayor disminución inicial en la fuerza en comparación a los hombres, sin embargo, las mujeres mostraron una recuperación de la fuerza más rápida que los hombres con igualdad de déficit de fuerza.

Una posible explicación es que la contribución relativa de las vías metabólicas usadas para suplir el ATP durante la contracción muscular puede diferir para hombres y mujeres durante las contracciones fatigantes y con ello contribuir a las diferencias hasta el tiempo de fallo en la tarea <sup>(27)</sup>

Junto al género, una característica de la muestra de estudio es su edad, entre los 17 y 19 años, definiéndose como una muestra joven. De esa forma, se eliminan posibles diferencias intrínsecas a la edad evidenciadas en las publicaciones científicas como la mayor resistencia, entendida como mayor tiempo hasta llegar a una misma cantidad de fatiga por parte de los adultos en relación a los jóvenes. <sup>(45)</sup> La explicación parece sostenerse en bases metabólicas; siendo la mayor dependencia a la fosforilación oxidativa y menor flujo glucolítico, originado menos acidosis y menos acumulación de  $P_i$  y  $H_2PO_4^-$  el motivo de que los adultos presenten una mayor resistencia a la fatiga <sup>(46)</sup>

Ahora bien, siendo necesario establecer las características de la muestra, y sus posibles efectos en el estudio, es evidente que al formar parte de un mismo equipo, cada jugador desempeña su labor en una posición de juego (señalada en el cuestionario) determinada y diferente a otros compañeros. Esto despierta la idea de que según las diferentes posiciones, las demandas fisiológicas que pueden tener influencias potenciales en los efectos del ejercicio así como en la efectividad relativa antes protocolos o estrategias de recuperación sean también diferentes. <sup>(3)</sup> <sup>(131)</sup> Sin embargo esto no parece cumplirse en el Fútbol-Sala. En el estudio realizado por Barbero-Alvarez et al. <sup>(3)</sup>, no observaron diferencias significativas en la distancia o porcentaje de la distancia recorrida a diferentes intensidades entre los jugadores y sus posiciones, indicando las similitudes en la cantidad y calidad de movimientos de los jugadores debido a su dinamismo y fluctuación en el terreno de juego, disipándose así la idea de una posición fija durante el juego como puede ser en el Fútbol donde la distancia recorrida por los mediocentros es mucho mayor que la recorrida por delanteros o defensas, por lo que la posición de juego si sería un factor condicionante importante. <sup>(20)</sup>

Por otro lado, se intentó registrar posibles dietas o hábitos alimenticios seguidos por los jugadores antes y después de los entrenamientos y competiciones, así como los hábitos de sueño y descanso, aunque por los resultados en las contestaciones de los cuestionarios no parece haber diferencias importantes entre los sujetos, en el estudio y futuros estudios, convendría cotejar estos campos tan importantes en el rendimiento deportivo y que podrían influenciar en los resultados <sup>(131)</sup>. Hubiese sido beneficioso que los jugadores tuvieran un plan nutricional pre y post ejercicio desarrollado por un nutricionista para asegurar la adecuada ingesta de líquidos y nutrientes entre las sesiones. <sup>(12)</sup>

Las variables salvo el dolor, fueron registradas en la pierna dominante de los participantes. Aun así, en el estudio realizado por Brown et al <sup>(113)</sup> en el 2014 se demostró la ausencia de diferencias entre la fatigabilidad de la pierna dominante y no dominante tras la carrera, actividad primordial en el Fútbol-Sala. No obstante se eligió la pierna dominante para homogeneizar las posibles diferencias con el mismo rasero en los sujetos de estudio.

**- Efecto del Entrenamiento específico de Fútbol-Sala como test de fatiga/daño muscular.**

Tras la comparación de los resultados de las variables entre la pre-evaluación y la post-evaluación de la 1ª sesión se concluyó que el Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala no generó cambios significativos en las variables principales, secundarias ni funcionales en los sujetos de estudio inmediatamente después del Entrenamiento.

Tras la comparación de los resultados de las variables entre la pre-evaluación de la 1ª sesión con la pre-evaluación de la 2ª sesión se observó que el Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala generó cambios significativos a las 24 horas del mismo en la percepción del dolor en la EVA tanto en el GC como GI. Así como cambios significativos en la Algometría del vientre muscular en la pierna dominante del GC ( $p$ : 0,0328), y tendencia significativa en la no dominante del GC ( $p$ : 0,0958) y del GI ( $p$ : 0,0513). En la unión miotendinosa, los cambios fueron significativos en la pierna dominante del GI ( $p$ : 0,0273) y de tendencia significativa en la dominante del GC ( $P$ : 0,0721). El Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala provocó diferencias significativas ( $p$ : 0,0125) en el rango de movimiento de flexión de rodilla tras 24 horas del mismo en el GI, además de producir una tendencia significativa ( $P$ : 0,0776) con los cambios en la misma variable en el GC. En las variables de funcionalidad y el resto de variables principales y secundarias no se observaron diferencias significativas.

Con estos resultados, se confirmó la influencia y efectividad a las 24 horas del Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala como test de daño muscular. Sin embargo la falta de cambios significativos en la variable de fuerza muscular tanto inmediatamente después como a las 24 horas, sugieren la ausencia del papel de la fatiga.

No obstante, la posible ausencia de cambios significativos en las variables registradas, puede ser debido a que los sujetos estén muy acostumbrados al requerimiento deportivo. Ya que el músculo cuádriceps es repetitivamente activado excéntricamente durante la marcha, carrera y concretamente en deportes como el Fútbol-Sala, puede experimentar adaptaciones musculares específicas como resultado de ese ejercicio excéntrico regular. <sup>(67) (132)</sup> Esta opción se ve inflada en deportistas de alto nivel, donde su acondicionamiento físico es tal alto, que generar un plus de demanda diferenciadora se convierte en una tarea más difícil. Sin embargo se optó por el modelo

de test de fatiga/daño muscular propuesto, debido a que la intención era encuadrar el estudio en el contexto más próximo a las demandas propias del deporte y su competición, momento en el que realmente tendrá que cumplir sus objetivos las estrategias de recuperación a estudio.

Hemos de tener en cuenta que los cambios, aunque no significativos en este estudio, pueden tener su origen desde diferentes niveles, como por ejemplo, el caso de la fatiga central y periférica. Conociendo con la mayor exactitud posible de dónde proviene el origen de la sintomatología y alteraciones fisiológicas y funcionales por la fatiga y daño muscular, la intervención puede estar mejor enfocada.

Una prueba para ello, podría ser el *test isométrico de 15 segundos* <sup>(64)</sup> utilizado para evaluar la fatiga muscular. Según los resultados obtenidos, podrá diferenciarse entre, la disminución en la producción de fuerza máxima, que nos hablaría más o no de origen daño muscular-DOMS, o bien, la disminución en la capacidad de mantener una fuerza, que nos hablaría más de origen de fatiga.

Por otro lado, existen pruebas que disciernen la fatiga del sujeto entre origen o fatiga central y origen o fatiga periférica. Es el caso de la Estimulación Eléctrica supramáxima o *Twitch Interpolation* para determinar objetivamente la presencia o no de la fatiga central. <sup>(21) (26) (44)</sup> El origen se encuentra en la investigación realizada por Merton en 1954. <sup>(133)</sup> Merton superpuso una estimulación eléctrica masiva sobre la contracción voluntaria. Su hipótesis defendía que si la fuerza muscular disminuía debido a la fatiga del SNC, esta estimulación eléctrica superpuesta sobre la contracción voluntaria podría incrementar la fuerza muscular. Investigaciones más recientes han confirmado este tipo de experimento y en líneas generales se está de acuerdo en que la fatiga muscular en sujetos entrenados y muy motivados no se debe a la fatiga del SNC. <sup>(72)</sup>

En el presente estudio, se utilizó la escala POMS-SF para testar el posible componente mental y psicológico como factor generador de fatiga, subsecuente a un posible síndrome de sobreentrenamiento.

Uno de los estudios de mayor relevancia en el que se relacionaron los estados mentales con el cansancio y fatiga de los deportistas fue el realizado por Morgan et al. <sup>(134)</sup> Realizaron un seguimiento del estado de ánimo de 400 nadadores a los que



se les administró el POMS en diferentes momentos de sus sesiones de entrenamiento a lo largo de la temporada. Ante el análisis se reveló que a medida que se incrementaban las exigencias del entrenamiento se producía igualmente un aumento en los trastornos del estado de ánimo, por lo cual, concluyeron que hacer un seguimiento de los estados de ánimo era un método eficaz para cuantificar el estrés como limitante del rendimiento y facilitar la correcta dosificación de entrenamientos y su nivel de demanda, pero no entrar en un síndrome de sobreentrenamiento y con ello no otorgar más peso a la posible fatiga de origen central.

La percepción de esfuerzo como la escala CR-10 Borg utilizada en el presente estudio, los estados de ánimo o algunos indicadores comportamentales se muestran sensibles al sobreentrenamiento y por ello son los constructores psicológicos que más se han tenido en cuenta para su estudio. Entre sus ventajas se encuentra la accesibilidad de datos, el carácter no invasivo y la rápida disponibilidad de los resultados. <sup>(90)</sup>

Aunque los resultados de la escala POMS y la escala CR10-Borg en el presente estudio invitan a pensar en la limitada participación del componente central en los factores de fatiga y rendimiento deportivo en los sujetos, si se han observado algunas diferencias entre aquellos participantes como en el sujeto #10 en el cual debido a su mayor sollicitación por los equipos regionales y nacionales puede presentar unos valores de limitación psicológicos más elevados, demostrándose así la sensibilidad de este tipo de herramientas.

#### **- Efecto de los estiramientos pasivos analíticos y MNM**

Tras la comparación de los resultados en las variables del GC entre la pre-evaluación de la 2º sesión y la post-evaluación de la 2º sesión en la pierna que recibió los estiramientos pasivos analíticos se observó una tendencia significativa ( $p: 0,0917$ ) en el dolor a la Algometría en el vientre muscular. En el resto de variables no se observaron cambios significativos. Por otro lado, en la pierna que recibió los estiramientos y la MNM en el GI, se observaron cambios significativos ( $p: 0,0101$ ) en la valoración del dolor en la EVA, en el resto de variables no se observaron cambios.

Tras la comparación de los resultados en las variables del GC entre la pre-evaluación de la 2º sesión y la pre-evaluación de la 3º sesión en la pierna que recibió los estiramientos pasivos analíticos se observaron diferencias significativas ( $p: 0,0088$ )

en el dolor expresado en la EVA, en la Algometría del vientre muscular ( $p: 0,0490$ ) y de la unión miotendinosa ( $p: 0,0212$ ). En el resto de variables no se observaron cambios. Por otro lado, en la pierna que recibió los estiramientos y la MNM en el GI, se observaron diferencias significativas ( $p: 0,0066$ ) en el dolor expresado en la EVA, así como en la Algometría del vientre muscular y unión miotendinosa ( $p: 0,0133$  y  $p: 0,0039$  respectivamente). También se observaron cambios significativos ( $p: 0,0208$ ) en el rango de movimiento libre de dolor. En el resto de variables los cambios no fueron significativos.

Se realizó una comparación *limb-to-limb* entre la pierna dominante (pierna tratada) y la pierna no dominante (pierna no tratada) entre todos los sujetos de ambos grupos para eliminar las posibles diferencias en la subjetividad de la valoración entre los sujetos en la variable dolor aislando en el propio sujeto, los cambios en la sensación dolorosa teniendo en cuenta la subjetividad y umbral de dolor a la presión (UDP) intrínseco a cada participante.<sup>(81)</sup> Al comparar ambos miembros inferiores, se observó que en las piernas no dominantes, aquellas que no habían recibido tratamiento alguno, también presentaron diferencias significativas inmediatamente después del entrenamiento y a las 24 horas del mismo, salvo en la variable de Algometría del vientre muscular y unión MT del GC tras las 24 horas.

Esto conlleva una falta de cambios significativos de la mano de la MNM tanto inmediatamente después de la aplicación como a las 24 horas.

Hemos de tener en cuenta que las intervenciones del GC y GI realizaron inmediatamente después de la sesión de entrenamiento de la 2ª sesión, es decir, en el momento de la post-evaluación del 2º día, los sujetos habían realizado dos sesiones de entrenamiento y no una, como en la post-evaluación del 1º día. Esto podría haber condicionado en la expresión de las variables de fatiga y daño muscular así como en el posible efecto significativo observado con las intervenciones del GC y GI. Hablamos del “efecto de serie repetida”. Se trata de un mecanismo de adaptación protectora mediado por mecanismos neurales<sup>(135)</sup> mediante el cual la realización de una sola sesión de ejercicio excéntrico genera un efecto protector sobre el daño muscular inducido por una segunda sesión de ejercicio excéntrico. Se traduce de forma adaptativa en un aumento la resistencia del músculo a una segunda exposición del mismo tipo de ejercicio excéntrico<sup>(21)</sup> Esto puede condicionar los resultados de las

mediciones en un segundo tiempo, traducido en una menor magnitud en variables. <sup>(66)</sup>  
<sup>(136)</sup> <sup>(137)</sup> Al ser jugadores entrenados, los resultados de la medición de variables pueden verse condicionados debido a su experiencia previa en el tipo y característica de la actividad. En el estudio realizado por Janecki et al. en el 2011, <sup>(66)</sup> concluyeron que como resultado del proceso de adaptación, después de una segunda serie de ejercicio excéntrico en sujetos no entrenados, fue más pequeño el incremento en la rigidez muscular pasiva, así como la sensación dolorosa, y más rápida la recuperación de la fuerza isométrica máxima en comparación a las medidas de la primera serie de ejercicio realizada.

Los mecanismos de esta rápida adaptación no son totalmente entendidos, sin embargo han sido propuestas teorías de proteínas de remodelación celular para explicar este fenómeno. <sup>(137)</sup> Mediado por una respuesta inflamatoria, acompañado por un incremento local de neutrófilos y macrófagos, cuya actividad permite la recuperación muscular mediante mecanismos de reconstrucción. <sup>(66)</sup>

#### **- Estrategias de recuperación, estiramientos pasivos analíticos y MNM.**

En el mundo del deporte, estudios precedentes defienden la efectividad de diferentes estrategias de recuperación (ER) sobre variables que constituyen a determinar el rendimiento.

Por ejemplo, los baños de contraste y la actividad aeróbica de baja intensidad parecen ser efectivos a la hora de disminuir los niveles de los indicadores de daño muscular como la creatina quinasa (CK). <sup>(87)</sup> La crioterapia (inmersión en agua a 15º) parece contribuir a reducir la rigidez y el daño muscular tras el ejercicio excéntrico de alta intensidad. Los ejercicios aeróbicos y la electroestimulación postejercicio parecen mostrar una reducción del dolor muscular posterior al ejercicio. <sup>(138)</sup> En el estudio realizado por Kinugasa, <sup>(139)</sup> muestra que la combinación de técnicas como la crioterapia y la recuperación activa tras un partido de fútbol tiene mejores resultados en la percepción de la recuperación de los jugadores. La recuperación activa recibe también el nombre de vuelta a la calma activa (active cool-down) en la que el ejercicio es empleado como herramienta terapéutica para acelerar la recuperación. A pesar de tratarse del método de recuperación más empleado en los equipos de fútbol de distintos niveles de rendimiento, no existen evidencias claras que justifiquen su realización. <sup>(91)</sup>

La conclusión común respecto a las ER comúnmente utilizadas es que con los resultados obtenidos hasta el momento, no se puede concluir que exista una estrategia de recuperación más adecuada por si sola que otras. A pesar de la popularidad de algunos métodos, hay una falta de evidencia científica sobre su validez. <sup>(17)</sup> <sup>(140)</sup> No obstante uno de los pilares que parece que se va asentado en la comunidad científica es que el uso de estrategias combinadas parece ser más eficaz tras el entrenamiento y partidos que estrategias o métodos aislados. <sup>(87)</sup>

En esa falta de evidencia en el uso de las diferentes estrategias de recuperación comúnmente utilizadas hasta ahora, nace la necesidad de investigar nuevos métodos que puedan marcar la diferencia como estrategia de recuperación post ejercicio, necesidad tan demandada en el deporte para facilitar la consecución del éxito sobre los rivales.

En el presente estudio, el método como posible ER en el deporte sujeto a valoración es la Movilización Neuromeníngea, técnica de característica juventud dentro de la terapia manual e inexperiencia absoluta en el ámbito deportivo.

Con el objetivo de utilizar la técnica de enmascaramiento a simple ciego, tanto al GC como al GI se les aplicó como técnica control los estiramientos analíticos pasivos, por lo tanto, las posibles diferencias observadas entre los grupos se atribuirían a la MNM. El motivo de utilizar los estiramientos pasivos analíticos como técnica común en ambos grupos es para intentar cubrir la dificultad que conlleva enmascarar una técnica de terapia manual <sup>(141)</sup> como es la MNM ya que la ventaja de utilizar los estiramientos se debe a que visualmente y en sensaciones del sujeto que recibe la técnica pueden asemejarse en gran medida.

Los resultados en los estudios precedentes sobre los estiramientos como ER no se diferencian del resto de métodos, con resultados y conclusiones faltos de evidencia. En el estudio realizado por Torres et al. <sup>(65)</sup> en el año 2013 estudiaron los efectos de los estiramientos de única serie o repetidos en la recuperación muscular tras el ejercicio de naturaleza excéntrica y marcadores secundarios al daño muscular inducido por el ejercicio. Finalmente concluyeron que tanto, estiramientos de única serie como de varias series no tienen influencia en los marcadores (rigidez muscular, dolor muscular torque concéntrico máximo y actividad plasmática de la CK). La ausencia de efectos de los estiramientos en el marcador de la fuerza muscular,

considerado como uno de los más válidos y fiables marcadores indirectos de DMIE en humanos, <sup>(78)</sup> permitió establecer al estiramiento como método irrelevante para mejorar la función. Únicamente, los estiramientos repetidos, realizados durante los días siguientes al ejercicio tuvieron efectos favorables en la rigidez muscular. La explicación parece estar en que los estiramientos repetidos disminuyen la sensibilidad de los husos espinales, permitiendo reducir la sensibilidad refleja muscular, la cual genera y mantiene la rigidez muscular tras el ejercicio.

La evidencia de este efecto fue obtenida en el estudio realizado por Avela et al. <sup>(142)</sup> Aun así, el incremento en la rigidez muscular después del DMIE no es solo debido alteraciones en la actividad refleja sino que también es evidenciado por alteraciones estructurales musculoesqueléticas, principalmente expresadas por irregularidades en los patrones transversos estriados. <sup>(66)</sup>

Lund et al. <sup>(143)</sup> no lejos de no provocar mayor controversia, afirmaron que el estiramiento post-ejercicio no prevenía síntomas secundarios, es más, sugerían que podría agravar algunos marcadores del DMIE.

Debido a las diferentes conclusiones en la literatura científica, es muy escasa la evidencia que se pueda otorgar a los estiramientos como ER tras el ejercicio físico.

El método protagonista del presente estudio es la Movilización Neuromeníngea. Como se ha explicado anteriormente, se trata de una técnica muy joven en la terapia manual fisioterápica, ello conlleva a una serie de limitaciones.

La revisión sistemática llevada a cabo por Ellis et al. <sup>(141)</sup> destaca la falta tanto en cantidad como en calidad de la investigación disponible sobre la movilización neural y su eficacia terapéutica, siendo nulo lo estudiado acerca de esta modalidad de tratamiento en el ámbito de la prevención, o en el ámbito deportivo. Otro punto a nombrar es la falta de homogenización de la población de estudio así como de los diseños de estudio y el protocolo de la técnica utilizada, haciendo necesario una estandarización de la técnica usada en los estudios y relacionar con ello los resultados obtenidos para guiar la futura práctica clínica.

De esa ausencia de calidad y cantidad de publicaciones científicas surge el todavía hoy, efecto “hipotético” de las técnicas Neuromeníngeas. Entre los beneficios hipotéticos de la MNM se encuentran: facilitar el deslizamiento del nervio reduciendo

las adherencias del nervio, dispersión de los fluidos nocivos, incrementar la vascularización neural y mejorar el flujo axoplásmico. Sin embargo, estos efectos necesitan de una validación más robusta. Viéndose condicionados por la falta de protocolos de tratamiento. <sup>(141)</sup>

No existe en la literatura protocolos de tratamiento (duración, frecuencia, amplitud) establecidos para la MNM según qué objetivo. <sup>(104)</sup> Por ello debe existir un feedback, no solo verbal, entre paciente y terapeuta. En el tiempo y la velocidad de aplicación de la MNM, se tuvo en cuenta el comportamiento como material viscoelástico, lo que implica que la deformidad imprimida en el tejido nervioso es dependiente de la velocidad y del tiempo con la que se aplica o eliminan las cargas a las que se someten. <sup>(97)</sup> Es por ello que se pautaron 3 minutos de aplicación por sujeto, dando así el tiempo suficiente para imprimir e forma lenta y segura la deformación y deslizamiento del tejido nervioso.

Respecto a la secuencia de movimientos en los test Neurodinámicos y técnicas Neurodinámicas, dependiendo del orden de movimientos articulares durante la ejecución de la técnica, las estructuras neurales son sometidas a diferentes cargas mecánicas. Se cree que la mayor demanda mecánica ocurre cuando la articulación adyacente al nervio participa en primer orden en la secuencia y el desarrollo se transmitirá según participen en el movimiento otros complejos articulares. En todo momento, para decidir la dosificación y progresión de la técnica, se utilizaron las condiciones clínicas subjetivas de cada jugador en base al grado de tensión.

Sin embargo, la imposibilidad de movilizar únicamente al tejido nervioso durante la ejecución de la técnica, se ha de considerar como posible sesgo. No es posible aislar al 100% el movimiento independientemente del resto de estructuras que también se movilizan en otras técnicas como en los estiramientos pasivos como son músculos y otros tejidos blandos. Esto se debe a que el sistema nervioso y el sistema musculoesquelético forman parte de un organismo integrado e interactúan mutuamente a través de rutas químicas, electroquímicas y mecánicas. <sup>(97)</sup>

De ahí surge la pregunta: ¿Cómo diferenciar que los resultado de la técnica se basan en la movilización neural y no en otros “efectos colaterales” como puede ser los estiramientos que se imprimen en la musculatura? <sup>(106)</sup> Una posible respuesta radica en la diferenciación de la que informa la prueba de diferenciación estructural realizada

en cada sujeto, con la cual se evidencia la focalización de la técnica en el tejido nervioso, todo ello gracias al concepto holístico del SN. <sup>(104)</sup>

Una de la hipótesis en las que se sostiene el uso de la MNM como estrategia de recuperación postejercicio es el concepto de Neuroplasticidad. La Neuroplasticidad es la propiedad inherente de las vías sensitivas, motoras y de procesamiento central, así como de las comunicaciones interneuronales o interconexiones que se forman entre ellas mediante la secreción de neurotransmisores que se encuentran fuera del control genético. Las modificaciones que hacen posible dentro de ese porcentaje no sujeto al código genético, se producen por influencias internas o externas que se traducen en cambios funcionales. Un ejemplo de ello es la influencia externa de los entrenamientos, que hacen a través de neuroplasticidad propia del individuo, una mejora en las cualidades deportivas como la velocidad de reacción o la fuerza, traduciéndose al final en una mejora del rendimiento. La cuestión que plantea el presente estudio con la MNM es la posibilidad de su influencia en la Neuroplasticidad acelerando el proceso directamente o a través de otros procesos colaterales como disminuir la fatiga muscular. <sup>(97)</sup>

Por otro lado, a la lesión localizada por un mal estado de la estructura periférica debido al daño muscular y fatiga se ha de sumar el papel que juega la propiocepción en las lesiones, entendiéndose la propiocepción como la habilidad de detectar con exactitud la posición conjunta de los segmentos corporales y el movimiento, <sup>(144)</sup> ascendiendo de esta forma a niveles más centrales que hacen precisar de método de recuperación post-ejercicio más globales, no mostrando toda su atención a nivel de la estructura periférica, si el objetivo final es la mejora del rendimiento pasando por la estación obligatoria de evitar la lesión deportiva.

La reducción de la propiocepción después del daño muscular inducido por el ejercicio no ha sido suficientemente documentada en relación con su inminente relación con la predisposición de los atletas a lesiones deportivas. Por ello, Torres et al. <sup>(145)</sup> estudiaron cómo el daño muscular inducido por el ejercicio excéntrico puede afectar a las diferentes modalidades de propiocepción. Sus descubrimientos apuntaban claramente a una reducción de la propiocepción inmediatamente después del ejercicio. La teoría que lo explica defiende que esto se debe a la pérdida de las señales aferentes musculares debido al daño en los husos musculares de las fibras

intrafusales. Todo ello afecta al feedback que recibe el músculo, derivando en una alteración de la propiocepción como aspectos del control neuromuscular.

La fatiga también contribuye a la lesión por la exposición a los ligamentos y otras restricciones pasivas a cargas excesivas debido a una disminución en la actividad muscular, patrones de movimiento sinérgica y alteración de la propiocepción, además, estos fenómenos en su conjunto, pueden alterar la habilidad muscular de estabilizar dinámicamente la articulación y con ello verse incrementado el riesgo lesional. <sup>(19)</sup>

La reducción en la capacidad de producir fuerza y la alteración en la activación voluntaria de patrones que acompaña a la fatiga, junto a la alteración de la propiocepción, En el estudio llevado a cabo por Ballantyne et al. <sup>(19)</sup> en el cual examinaron los efectos de la fatiga muscular en los cuádriceps en los patrones de activación muscular, concluyeron que esa fatiga altera los patrones de activación muscular coordinada lo cual hace a los sujetos menos capaces de responder con resultado triunfante ante perturbaciones inesperadas en el ejercicio dinámico o en la ejecución de recursos técnicos, como es tal la demanda en el Fútbol-Sala.

El déficit en el control postural debido al efecto adverso que provoca la fatiga en el control neuromuscular, predispone a la lesión musculoesquelética. Una explicación para la relación entre la fatiga y la alteración en el control neuromuscular es que la ralentización de la conducción de las señales aferentes desde la musculatura fatigada, conducirá a una más lenta propagación de señales eferentes, de este modo, la habilidad de crear movimientos compensatorios efectivos se verá afectada provocando una estabilidad articular menos eficiente. <sup>(60) (114) (146)</sup> De ese origen causal, aparece la oportunidad de la MNM actuando directamente sobre la vía nerviosa de información.

Una de las facilidades que mostraría el uso de MNM como estrategia de recuperación en el deporte es la ausencia de necesidad de utilizar agentes materiales externos como por ejemplo el agua fría en la crioterapia o el TENS en la electroterapia, facilitando de este modo su realización. Además tras un breve aprendizaje estableciendo unas pautas de carácter homogéneo y en condiciones de seguridad, el deportista podría realizar MNM activa, sin la necesidad de la intervención directa del



fisioterapeuta, economizando así el tiempo dedicado a la recuperación, factor señalado como causante de una falta de adhesión a las estrategias de recuperación.

De forma necesaria, es la mención a la importancia de la labor multidisciplinar en los equipos a fin de conseguir el mejor rendimiento deportivo posible. La gestión de los procesos de recuperación obliga a una labor multidisciplinar de los miembros del cuerpo técnico y sanitario, aplicando apropiadamente los distintos métodos de recuperación así como la correcta gestión de las cargas de entrenamiento en busca de una prevención de la fatiga y sobreentrenamiento previa. De igual manera, sería ideal un correcto seguimiento del régimen alimentario de los deportistas y de los hábitos de sueño como posibles condicionantes del rendimiento deportivo.

En la competición deportiva, el éxito, la consecución de títulos y el destacar respecto a los competidores, está determinada, a la vez que limitada por los más mínimos detalles individuales de cada jugador. En esta faceta, “el todo, es más que la suma de las partes” pues cuando definimos la idea de equipo como un conjunto de personas que se dirigen hacia un fin, encontramos la complementariedad necesaria y resolutive entre todas sus partes, entre todos sus componentes. Es ella la esencia que hace que un equipo triunfe o no independientemente a priori de la plantilla que lo constituya salvando las diferencias individuales.

Como posibles limitaciones del presente estudio se encuentra la limitada muestra con la que se llevó a cabo. Uno de los objetivos, era contextualizar al máximo posible el estudio en un equipo profesional durante temporada competitiva, ello acarreó que el tamaño muestral se limitase a los jugadores pertenecientes al propio equipo, además de ajustarse a los criterios de inclusión y exclusión. Se cree que esa pequeña muestra, acompaña de una gran desviación estándar de las variables registradas, es un posible motivo de la ausencia de diferencias significativas en la comparación de resultados entre los grupos, viéndose imposibilitada el sugerir la MNM como ER a pesar de que pequeños cambios son observados en las variables a favor de la MNM.

El reducido número de sujetos incrementa el riesgo de error tipo II, es decir dificulta la extrapolación de los resultados a la población en general.

## **7. CONCLUSIONES.**

Tras el análisis y discusión de los resultados obtenidos en el estudio, las conclusiones son:

- En ninguno de los sujetos se observó tal compromiso mental y motivacional capaz de condicionar significativamente los resultados del estudio.
- Las cargas de las sesiones de Entrenamiento Específico de Fútbol-Sala del estudio fueron homogéneas entre sí y se caracterizaron por una alta intensidad en relación a la demanda impuesta.
- El Entrenamiento específico de Fútbol-Sala mostro efectividad como test de fatiga/daño muscular tras las 24 horas del mismo.
- La MNM no sugiere generar cambios en las variables principales, secundarias y funcionales de fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio inmediatamente después del mismo.
- La MNM no sugiere generar cambios en las variables principales, secundarias y funcionales de fatiga y daño muscular inducido por el ejercicio tras las 24 horas del mismo.
- Se sugiere para futuras investigaciones disponer un tamaño muestral mayor, así como un mayor periodo de estudio y seguimiento de los sujetos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

1. *Fútbol sala El pasado, presente y futuro*. Madrid: Gymnos; 2001.
2. Matzenbacher F, Pasquarelli BN, Rabelo FN, Stanganelli LCR. Demanda fisiológica no Competitivo futsal. Características Físicas e fisiológicas de Atletas profissionais. Revista Andaluza de Medicina del Deporte 2014 9; 7 (3): 122-131
3. Barbero JC, Soto VM, Granda J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. J Sport Sci 2007;27:1-11.
4. Castagna C, D'Ottavio S, Granda Vera J, Barbero Álvarez JC. Match demands of professional Futsal: A case study. J Sci Med Sport. 2009;12:490-4.
5. Oliveira RS, Leicht AS, Bishop D, Barbero-Alvarez JC, Nakamura FY. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. Int J Sports Med 2013 May;34(5):424-430.
6. Castagna C, Barbero Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. J Strength Cond Res 2010 Sep;24(9):2322-2329.
7. Cuadrado Peñafiel V, Jiménez Reyes P. Fútbol Sala de la iniciación al alto Rendimiento. Badalona: Paidotribo; 2014.
8. Chennaoui M, Arnal PJ, Sauvet F, Léger D. Sleep and exercise: A reciprocal issue? Sleep Medicine Reviews 2014 (0):1-14.
9. Minett GM, Duffield R. Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. Front Physiol 2014 Feb 3;5:24.
10. Dogramaci SN, Watsford ML, Murphy AJ. Time-motion analysis of international and national level futsal. J Strength Cond Res. 2011;25: 646-51
11. Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Bravo DF, Sassi R, Impellizzeri FM. Validity of simple field tests as indicators as match-related physical performance in top-level professional soccer players. Int J Sports Med. 2007;28:228-35.
12. Buchheit M, Racinais S, Bilsborough JC, Bourdon PC, Voss SC, Hocking J, et al. Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. Journal of Science and Medicine in Sport 2013 11;16(6):550-555.
13. Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S. Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. J Sci Med Sport 2007 Apr;10(2):89-95
14. Freitas VH, Miloski B, Filho MGB. Quantificação da carga de treinamento através da percepção subjetiva de esforço da sessão e desempenho no futsal. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2012;14:73-82.
15. Avelar A, Santos KM, Cyrino ES, Carvalho FO, Dias RMR, Altimari LR, et al. Perfil antropométrico e desempenho motor de atletas paranaenses de futsal de elite. Rev Bras de Cineantropom e Desempenho Hum. 2008;10:76-80.
16. Morgans R, Orme P, Anderson L, Drust B. Principles and practices of training for soccer. Journal of Sport and Health Science 2014 12;3(4):251-257
17. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? Sports Med 2006;36(9):781-796.
18. Bahnert A, Norton K, Lock P. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. Journal of Science and Medicine in Sport 2013 3;16(2):151-156.

19. Ballantyne BT, Shields RK. Quadriceps Fatigue Alters Human Muscle Performance during a Novel Weight Bearing Task. *Med Sci Sports Exerc* 2010 Sep;42(9):1712-1722.
20. Reilly T, Drust B, Clarke N. Muscle fatigue during football match-play. *Sports Med* 2008;38(5):357-367.
21. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*. 3<sup>ra</sup> ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
22. Derrick TR, Dereu D, McLean SP. Impacts and kinematic adjustments during an exhaustive run. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Jun;34(6):998-1002.
23. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001 Oct;81(4):1725-1789.
24. Binder-Macleod SA, Russ DW. Effects of activation frequency and force on low-frequency fatigue in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985) 1999 Apr;86(4):1337-1346.
25. Lee SC, Braim A, Becker CN, Prosser LA, Tokay AM, Binder-Macleod SA. Diminished fatigue at reduced muscle length in human skeletal muscle. *Muscle Nerve* 2007 Dec;36(6):789-797.
26. Boyas S, Guével A. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2011 3;54(2):88-108.
27. Barry BK, Enoka RM. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integr Comp Biol* 2007 Oct;47(4):465-473.
28. Tanaka M, Watanabe Y. Supraspinal regulation of physical fatigue. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2012 1;36(1):727-734.
29. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* (1985) 1992 May;72(5):1631-1648.
30. Brink MS, Nederhof E, Visscher C, Schmikli SL, Lemmink KA. Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *J Strength Cond Res* 2010 Mar;24(3):597-603.
31. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 1990;16 Suppl 1:55-58.
32. Haddad M, Chaouachi A, Wong DP, Castagna C, Hambli M, Hue O, et al. Influence of fatigue, stress, muscle soreness and sleep on perceived exertion during submaximal effort. *Physiol Behav* 2013 7/2;119(0):185-189.
33. Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform* 2012 Jun;7(2):175-182.
34. Enoka RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol* (1985) 1996 Dec;81(6):2339-2346.
35. Gandevia SC, Allen GM, Butler JE, Taylor JL. Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol* 1996 Jan 15;490 ( Pt 2)(Pt 2):529-536.
36. Nordlund MM, Thorstensson A, Cresswell AG. Central and peripheral contributions to fatigue in relation to level of activation during repeated maximal voluntary isometric plantar flexions. *J Appl Physiol* (1985) 2004 Jan;96(1):218-225.
37. Todd G, Butler JE, Taylor JL, Gandevia SC. Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. *J Physiol* 2005 Mar 1;563(Pt 2):621-631.
38. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Abt G, Chamari K, Sassi A, et al. Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci* 2007 Apr;25(6):659-666.

39. Aguiar M, Botelho G, Lago C, Macas V, Sampaio J. A review on the effects of soccer small-sided games. *J Hum Kinet* 2012 Jun;33:103-113.
40. Contessa P, De Luca CJ. Neural control of muscle force: indications from a simulation model. *J Neurophysiol* 2013 Mar;109(6):1548-1570.
41. Bellemare F, Woods JJ, Johansson R, Bigland-Ritchie B. Motor-unit discharge rates in maximal voluntary contractions of three human muscles. *J Neurophysiol* 1983 Dec;50(6):1380-1392.
42. Macefield VG, Fuglevand AJ, Howell JN, Bigland-Ritchie B. Discharge behaviour of single motor units during maximal voluntary contractions of a human toe extensor. *J Physiol* 2000 Oct 1;528 Pt 1:227-234.
43. Noakes TD. Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Front Physiol* 2012 Apr 11;3:82
44. Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular Function after Exercise-Induced Muscle Damage: Theoretical and Applied Implications. *Sports Medicine* 2004;34(1):49-69.
45. Dalton BH, Harwood B, Davidson AW, Rice CL. Recovery of motoneuron output is delayed in old men following high-intensity fatigue. *J Neurophysiol* 2010 Feb;103(2):977-985.
46. Kent-Braun JA. Skeletal muscle fatigue in old age: whose advantage? *Exerc Sport Sci Rev* 2009 Jan;37(1):3-9.
47. Peinemann A, Lehner C, Conrad B, Siebner HR. Age-related decrease in paired-pulse intracortical inhibition in the human primary motor cortex. *Neurosci Lett* 2001 11/2;313(1-2):33-36.
48. Oliviero A, Profice P, Tonali PA, Pilato F, Saturno E, Dileone M, et al. Effects of aging on motor cortex excitability. *Neurosci Res* 2006 5;55(1):74-77.
49. Gonzalez-Alonso J, Calbet JA, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 1998 Dec 15;513 ( Pt 3)(Pt 3):895-905
50. Fritzsche RG, Switzer TW, Hodgkinson BJ, Lee SH, Martin JC, Coyle EF. Water and carbohydrate ingestion during prolonged exercise increase maximal neuromuscular power. *J Appl Physiol* (1985) 2000 Feb;88(2):730-737
51. Nybo L, Nielsen B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*, 2001; 91: 1055-1060.
52. Mohr M, Nybo L, Grantham J, Racinais S. Physiological Responses and Physical Performance during Football in the Heat. *PLoS One* 2012;7(6):e39202.
53. Edwards AM, Noakes TD. Dehydration: cause of fatigue or sign of pacing in elite soccer ?. *Sports Med* 2009; 39: 1-13.
54. Jiménez-García JV, Yuste JL, Pellicer-García JJ. Fluid balance and dehydration in futsal players: goalkeepers vs. field players. *Int J Sport Sci*. 2011;7:3-13.
55. Dannecker EA, Liu Y, Rector RS, Thomas TR, Sayers SP, Leeuwenburgh C, et al. The effect of fasting on indicators of muscle damage. *Exp Gerontol* 2013 Oct;48(10):1101-1106
56. Thivel D, Maso F, Aouiche S, Coignet B, Doré E, Duché P. Nutritional responses to acute training sessions in young elite rugby players. *Appetite* 2015 1/1;84(0):316-321.
57. Hogervorst E, Bandelow S, Schmitt J, Jentjens R, Oliveira M, Allgrove J, et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Oct;40(10):1841-1851.
58. McLellan TM, Bell DG, Kamimori GH. Caffeine improves physical performance during 24 h of active wakefulness. *Aviat Space Environ Med* 2004 Aug;75(8):666-672.
59. Davidson BS, Madigan ML, Nussbaum MA, Wojcik LA. Effects of localized muscle fatigue on recovery from a postural perturbation without stepping. *Gait Posture* 2009 6;29(4):552-557.

60. Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2004 12;14(6):641-646.
61. Cortes N, Onate J, Morrison S. Differential effects of fatigue on movement variability. *Gait Posture* 2014 3;39(3):888-893
62. Russell M, Benton D, Kingsley M. The effects of fatigue on soccer skills performed during a soccer match simulation. *Int J Sports Physiol Perform* 2011 Jun;6(2):221-233.
63. Bishop DJ. Fatigue during intermittent-sprint exercise. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2012 Sep;39(9):836-841.
64. Deschenes MR, Brewer RE, Bush JA, McCoy RW, Volek JS, Kraemer WJ. Neuromuscular disturbance outlasts other symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Neurol Sci* 2000;174(2):92-99.
65. Torres R, Pinho F, Duarte JA, Cabri JMH. Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2013 11;16(6):583-588.
66. Janecki D, Jarocka E, Jaskólska A, Marusiak J, Jaskólski A. Muscle passive stiffness increases less after the second bout of eccentric exercise compared to the first bout. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011 7;14(4):338-343
67. Iguchi M, Shields RK. Quadriceps low-frequency fatigue and muscle pain are contraction-type-dependent. *Muscle Nerve* 2010 Aug;42(2):230-238.
68. Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med* 2003 Feb;37(1):72-75.
69. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003;33(2):145-164.
70. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 1984 Dec;16(6):529-538.
71. Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JMH. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* 2012 5;13(2):101-114.
72. Lieber RL. Estructura del músculo esquelético, función y plasticidad bases fisiológicas de la fisioterapia. 2ª ed. Madrid etc.: McGraw-Hill Interamericana; 2004.
73. Weerakkody NS, Whitehead NP, Canny BJ, Gregory JE, Proske U. Large-fiber mechanoreceptors contribute to muscle soreness after eccentric exercise. *The Journal of Pain* 2001 8;2(4):209-219.
74. Bottas R, Linnamo V, Nicol C, Komi PV. Repeated maximal eccentric actions causes long-lasting disturbances in movement control. *Eur J Appl Physiol* 2005 May;94(1-2):62-69.
75. Millet GY, Martin V, Lattier G, Ballay Y. Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2003 Jan;94(1):193-198.
76. Braun WA, Dutto DJ. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. *Eur J Appl Physiol* 2003 Sep;90(1-2):29-34.
77. Calbet JA, Chavarren J, Dorado C. Running economy and delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness* 2001 Mar;41(1):18-26.
78. Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med* 1999 Jan;27(1):43-59.
79. Carvalhais V, Santos T, Araújo V, Leite D, Dias J, Fonseca S. Força muscular e índice de fadiga dos extensores e flexores do joelho de jogadores profissionais de futebol de acordo com o posicionamento em campo. *Rev Bras Med Esporte* 2013; 19(6): 452-456.

80. Son J, Lee D, Kim Y. Effects of involuntary eccentric contraction training by neuromuscular electrical stimulation on the enhancement of muscle strength. *Clin Biomech* 2014 8;29(7):767-772.
81. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *J Athl Train* 2005 Jul-Sep;40(3):174-180.
82. Han JH, Kim MJ, Yang HJ, Lee YJ, Sung YH. Effects of therapeutic massage on gait and pain after delayed onset muscle soreness. *J Exerc Rehabil* 2014 Apr 30;10(2):136-140.
83. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 1998 Jul;30(7):1164-1168.
84. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Jun;36(6):1042-1047.
85. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001 Feb;15(1):109-115.
86. Zois J, Bishop DJ, Ball K, Aughey RJ. High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011 11;14(6):522-528.
87. García MA, Peinado AB. Efficacy of different recovery strategies in elite soccer players. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte* 2012.
88. Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med* 2012 Dec 1;42(12):997-1015.
89. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scand J Med Sci Sports* 2010 Oct;20 Suppl 2:95-102.
90. González-Boto R, Salguero A, Tuero C, Márquez S. Validez concurrente de la versión española del cuestionario de recuperación-estrés para deportistas (RESTQ-SPORT). *Revista de Psicología del Deporte* ;18(1):53-72.
91. Rey E, Lago-Peñas C, Casáis L, Lago-Ballesteros J. The effect of immediate post-training active and passive recovery interventions on anaerobic performance and lower limb flexibility in professional soccer players. *Journal of Human Kinetics* (2012); 31:121-129.
92. Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2007 Jun;41(6):392-397.
93. Minett GM, Duffield R, Billaut F, Cannon J, Portus MR, Marino FE. Cold-water immersion decreases cerebral oxygenation but improves recovery after intermittent-sprint exercise in the heat. *Scand J Med Sci Sports* 2013 Mar 4.
94. Chennaoui M, Arnal PJ, Sauvet F, Léger D. Sleep and exercise: A reciprocal issue? *Sleep Medicine Reviews* 2014 (0):1-14.
95. Halson S. Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep. *Sports Medicine* 2014 05/01;44(1):13-23.
96. Ascensao A, Leite M, Rebelo AN, Magalhaes S, Magalhaes J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci* 2011 Feb;29(3):217-225.
97. Zamorano Zárate E. Movilización neuromeningea tratamiento de los trastornos mecanosensitivos del sistema nervioso. Madrid etc.: Médica Panamericana; 2013.
98. Coppieters MW, Butler DS. Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Man Ther* 2008 Jun;13(3):213-221.

99. Shacklock M. Improving application of neurodynamic (neural tension) testing and treatments: a message to researchers and clinicians. *Man Ther* 2005 Aug;10(3):175-179.
100. Coppieters MW, Alshami AM, Babri AS, Souvlis T, Kippers V, Hodges PW. Strain and excursion of the sciatic, tibial, and plantar nerves during a modified straight leg raising test. *J Orthop Res* 2006 Sep;24(9):1883-1889.
101. Shacklock M. Improving application of neurodynamic (neural tension) testing and treatments: a message to researchers and clinicians. *Man Ther* 2005 Aug;10(3):175-179.
102. Shacklock M. Neurodynamics. *Physiotherapy* 1995 1;81(1):9-16.
103. Nee RJ, Butler D. Management of peripheral neuropathic pain: Integrating neurobiology, neurodynamics, and clinical evidence. *Physical Therapy in Sport* 2006 2;7(1):36-49.
104. Upper limb neural tension testing and mobilization. Fact, fiction, and a practical approach. *J Hand Ther* 2005 Apr-Jun;18(2):241-258.
105. Breig A. Adverse mechanical tension in the central nervous system. Stockholm: Almqvist and Wiksell 1978.
106. Matheson JW. Neural mobilization: the need for more answers. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001 Sep;31(9):518-9; author reply 522.
107. Netter FH. Atlas de anatomía humana. 5<sup>ª</sup> ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2011.
108. Toth C, McNeil S, Feasby T. Peripheral nervous system injuries in sport and recreation: a systematic review. *Sports Med* 2005;35(8):717-738.
109. Fernández J, Juliana M. Fernández, Rubén C. Acevedo, Carolina B. Tabernig. Influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente. *Revista EIA* 2007
110. Hoggan Health Industries [sede web]. Utah: HogganHealth; [acceso 14 de Enero de 2013]. Products: about microFet2. [2 páginas]. Disponible en:<http://www.hogganhealth.net/welcome/microfet2.php>
111. Guimaraes RM, Pereira JS, Batista LA, Scianni CA. Dinamómetro manual adaptado: medición de la fuerza muscular del miembro inferior. *Fitness & Performance Journal* 2005: 145-149.
112. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009 1;12(1):79-84.
113. Brown AM, Zifchock RA, Hillstrom HJ. The effects of limb dominance and fatigue on running biomechanics. *Gait Posture* 2014 3;39(3):915-919.
114. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control<sup>1</sup>. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 4;85(4):589-592.
115. Coren S, Porac C. The validity and reliability of self-reported items for the measurement of lateral preference. *Br J Psychol* 1978;69:207-11.
116. Torres R, Vasques J, Duarte JA, Cabri JM. Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Med* 2010 Jun;31(6):410-415.
117. Ascensao A, Leite M, Rebelo AN, Magalhaes S, Magalhaes J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci* 2011 Feb;29(3):217-225.
118. Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med*. 2001; 8:1153-7
119. De Jong AE, Bremer M, Schouten M, Tuinebreijer WE, Faber AW. Reliability and validity of the pain observation scale for young children and the visual analogue scale in children with burns. *Burns* 2005 Mar;31(2):198-204



120. Chang YJ, Chou CC, Chan HL, Hsu MJ, Yeh MY, Fang CY, et al. Increase of Quadriceps Inter-Muscular Cross-Correlation and Coherence during Exhasuting Stepping Exercise. *Sensors (Basel)* 2012 Nov 26;12(12):16353-16367.
121. Howatson G, Hoad M, Goodall S, Tallent J, Bell PG, French DN. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr* 2012 Jul 12;9:20-2783-9-20.
122. Andrade E, Arce C, Torrado J, Garrido J, De Francisco C, Arce I. Factor structure and invariance of the POMS Mood State Questionnaire in Spanish. *Span J Psychol* 2010 May;13(1):444-452.
123. Andrade E, Arce C, De Francisco C, Torrado J, Garrido J. Versión breve en español del cuestionario POMS para deportistas adultos y población general. *Revista Psicología del Deporte* 2013; 22(1):95-102.
124. Andrade E, Arce C, Armental J, Rodriguez M, de Francisco C. Mood state indicators for adolescent athletes based on POMS multidimensional model. *Psicothema* 2008 Nov;20(4):630-635.
125. Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci* 2002;20(11):873—99.
126. Mohr M, Krstrup P, Nybo L, et al. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: beneficial effect of re-warm-up at half time. *Scan J Med Sci Sports* 2004; 14:156-62.
127. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scale, 104. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998
128. Shacklock M. Response to Butler and Coppieters 2007, Letter to the Editor: Clinical neurodynamics – Throwing the baby out with the bath water. *Man Ther* 2009 2;14(1):e1-e2.
129. Hicks AL, Kent-Braun J, Ditor DS. Sex differences in human skeletal muscle fatigue. *Exerc Sport Sci Rev* 2001 Jul;29(3):109-112.
130. Sayers SP, Clarkson PM. Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol* 2001 Jan-Feb;84(1-2):122-126.
131. Dawson B, Gow S, Modra S, Bishop D, Stewart G. Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2005 6;8(2):210-221.
132. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 2001 Dec 1;537(Pt 2):333-345.
133. Merton PA. Voluntary strength and fatigue. *J Physiol* 1954 Mar 29;123(3):553-564.
134. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Connor PJ, Ellickson KA. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br J Sports Med* 1987 Sep;21(3):107-114.
135. Howatson G, van Someren KA. Evidence of a contralateral repeated bout effect after maximal eccentric contractions. *Eur J Appl Physiol* 2007 Sep;101(2):207-214.
136. Chen TC. Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. *Eur J Appl Physiol* 2003 Apr;89(2):115-121.
137. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2003 Apr;13(2):88-97.

138. Tessitore A, Meeusen R, Cortis C, Capranica L. Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *J Strength Cond Res* 2007 Aug;21(3):745-750.
139. Kinugasa T, Kilding AE. A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 2009 Aug;23(5):1402-1407.
140. Reilly T, Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. *J Sports Sci* 2005 Jun;23(6):619-627.
141. Ellis RF, Hing WA. Neural mobilization: a systematic review of randomized controlled trials with an analysis of therapeutic efficacy. *J Man Manip Ther* 2008;16(1):8-22.
142. Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* (1985) 1999 Apr;86(4):1283-1291.
143. Lund H, Vestergaard-Poulsen P, Kanstrup IL, Sejrsen P. The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 1998 Aug;8(4):216-221.
144. Lattanzio PJ, Petrella RJ, Sproule JR, Fowler PJ. Effects of fatigue on knee proprioception. *Clin J Sport Med* 1997 Jan;7(1):22-27.
145. Torres R, Vasques J, Duarte JA, Cabri JM. Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Med* 2010 Jun;31(6):410-415.
146. Corbeil P, Blouin J, Bégin F, Nougier V, Teasdale N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture* 2003 10;18(2):92-100.

## **9. ANEXOS.**

### **9.1 ANEXO 1: PROTOCOLO PARA SUJETOS.**

**TÍTULO:** “Estudio sobre la efectividad de la Movilización Neuromeníngea en la influencia de la fatigabilidad del cuádriceps en deportistas de alto rendimiento. Ensayo clínico Aleatorizado (ECA)”.

Investigador principal: Miguel Sobrino Senovilla

#### **INTRODUCCIÓN:**

A través de esta hoja informativa se le invita a participar en un proyecto de investigación realizado en personas sanas y deportistas de alto rendimiento. Lea detenidamente la información que le proporcionamos, no es preciso que dé una contestación en estos momentos. Su participación es voluntaria y si decidiera no participar, esto no afectará a posibles tratamientos presentes o futuros. Puede hacer cuantas preguntas quiera y el equipo investigador se las resolverá.

#### **JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO:**

Casi todo el mundo está familiarizado con la sensación de fatiga muscular que sigue al ejercicio prolongado. Sin embargo, una definición estricta de la fatiga ha sido más difícil de establecer. Esto en parte es debido a que al menos cuatro componentes están implicados en la producción de contracciones voluntarias: el Sistema Nervioso Central (SNC), el nervio periférico, la unión neuromuscular y los músculos esqueléticos. Ahora bien, el papel de cada uno de ellos y su influencia o protagonismo en la fatigabilidad no están claros. La Movilización Neuromeníngea, es una técnica demostrada por pruebas de imagen que actúa deslizando analíticamente el nervio periférico deseado, de esta manera, mejorando su movilidad dentro de los tejidos, se consigue que su función de enviar las señales de contracción y relajación voluntarias desde el SNC hasta los músculos se realice en mejores condiciones, optimizando con ello las propiedades del músculo y su rendimiento en el ejercicio

El objetivo del estudio es determinar la posible efectividad y la influencia de la Movilización Neuromeníngea en la fatiga muscular tanto objetiva como subjetiva, utilizando como músculo diana el recto anterior, en deportistas de alto rendimiento. Y con ello orientar la hipótesis de que la fatiga sea central “nuestro cerebro se ha cansado de mandar contraer a la musculatura” o periférica “nuestro cerebro sigue mandando ordenes de contraer y hacer fuerza con la musculatura, pero el músculo se ha cansado”

#### **¿QUIÉN REALIZA LA INVESTIGACIÓN?**

El estudio se realiza en el seno del departamento de Enfermería y Fisioterapia de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Alcalá, y en el centro deportivo del club, para la finalización de los estudios de Grado en Fisioterapia El investigador principal es Miguel Sobrino Senovilla.

#### **¿CÓMO SE VA A REALIZAR?**

Inicialmente todas las personas pertenecientes al club, pueden participar en el estudio, ello es el principal criterio de inclusión, después se les pedirán que rellenen unas breves preguntas para orientar su actividad deportiva (por ejemplo: ¿Cuántos años lleva jugando en el club?, ¿ha sufrido algún tipo de lesión...?). Todos los jugadores entran a formar un único grupo, para después y mediante un proceso de reparto aleatorio, en el que el azar es el único en actuar, los participantes se dividirán en dos grupos. A partir de ese momento, los jugadores serán representados hasta el final de la investigación por un número. La investigación constará de 5 Valoraciones:

- 1º Día: Antes de realizar el 1º entrenamiento (compatible con test de fatiga homogéneo)
- 1º Día: Después de realizar el 1º entrenamiento.
- 2º Día: Antes de realizar el 2º entrenamiento.
- 2º Día: Después de realizar el tratamiento tras el 2º entrenamiento.
- 3º Día: Antes de realizar el 3º entrenamiento.

Por tanto, el trabajo experimental de recogida de datos e intervención con el tratamiento en los grupos de sujetos, se realizará en 3 sesiones de calendario habitual de entrenamiento programadas por el equipo técnico del club. (A poder ser, en la misma semana; L-X-V). Previamente se acordará un día para entregar la documentación necesaria (Presentación TFG y Consentimiento Informado; Hoja de Registro de datos básicos; Cuestionarios estado mental/ansiedad/Motivación), y realizar el proceso de aleatorización en los dos grupos [“Urnas con sobres numerados”; aleatorización por ordenador; asignación en grupo control (A) o grupo Tto (B)].

Los datos recogidos en las valoraciones, se refieren a propiedades del propio músculo (fuerza, extensibilidad, actividad electromiográfica) y a condicionantes mentales del rendimiento deportivo, tales como la ansiedad o motivación que se ven modificadas por la fatiga muscular, procesos inherente a la práctica deportiva de alto rendimiento. Las pruebas de recogida de datos, no suponen ningún daño ni generan dolor en el deportista; se realizarán tres mediciones, siendo el resultado de la media de ellas el dato final recogido. Estas pruebas destacan por su rapidez y sencillez de ejecución aportando valores con gran información del estado muscular del deportista.

Por último la intervención a modo de tratamiento se realizará únicamente en la segunda sesión, después del entrenamiento. Este es totalmente indoloro y se realiza de forma pasiva (el deportista no tiene que hacer nada). Consistirá en realizar técnicas de estiramiento analítico del Cuádriceps (recto femoral) y Movilizaciones Neuromeníngeas, dicha técnica, tanto visualmente como en sensaciones producidas es similar a un estiramiento analítico, pero en este caso, se inducen pequeños movimientos que provocan pequeños deslizamientos del nervio que conecta a la estructura muscular, de tal forma que mejoramos su movilidad y con ello una optimización de su función de enviar el impulso motor al músculo inervado por el nervio.

Después se analizarán las diferencias entre los grupos y los participantes podrán conocer los resultados una vez concluido el estudio.

Todo el procedimiento es totalmente gratuito.

### **BENEFICIOS POTENCIALES PARA EL SUJETO**

Si usted voluntariamente decide participar en el estudio, y ha entrado a formar parte del mismo, podrá conocer y entender cómo y hasta qué punto la fatiga muscular de la propia práctica deportiva es un

condicionante para ella. Al igual que ayudará a comprender diferentes estrategias para minimizarla y así mejorar el rendimiento deportivo sin ningún tipo de riesgo con una mejora de la capacidad funcional. Así mismo, estará contribuyendo en el desarrollo de la ciencia, Neurofisiología del ejercicio y Fisioterapia Manual.

### **RIESGOS O MOLESTIAS QUE PUEDEN DERIVARSE DEL ESTUDIO**

El estudio no supone ningún riesgo potencial para los participantes.

Tanto las pruebas de valoración, como las técnicas de intervención o tratamiento son completamente indoloras y en absoluto invasivas, no se derivan riesgos ni molestias de las mismas.

La duración de las pruebas de valoración y tratamiento son cortas y no se realizarán más de 3-4 repeticiones con una duración de 8-10 segundos aproximadamente cada una de ellas, excepto en casos excepcionales de error en la recogida de los datos.

Los participantes del estudio no deberán tomar ningún tipo de medicación como parte de la intervención. Al igual que no se verá interrumpida su práctica deportiva habitual antes, durante ni después de llevar a cabo el estudio.

### **PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS DEL PARTICIPANTE**

Tanto si finaliza el estudio como si no, sus datos serán confidenciales, y se le garantiza que su nombre no saldrá en ninguna publicación o informe relativo al estudio. Todos los resultados obtenidos se harán constar en una base de datos en la que se mantendrán anónimos de forma permanente mediante una codificación. En cualquier momento usted puede abandonar el estudio y revocar su deseo de participar en él. Los datos que recogemos como parte de este estudio, serán compartidos con otros investigadores y estudiantes, no su nombre.

### **DATOS QUE SE VAN A RECOGER**

Edad, sexo, altura, peso, los cuestionarios que ha rellenado, el grupo en el que ha sido clasificado y los valores de las pruebas de valoración (fuerza, extensibilidad, valores Electromiografía, percepción de esfuerzo durante el ejercicio, sensaciones de recuperación tras ejercicio, estado motivacional/mental). Su nombre y teléfono de contacto se le solicitarán el primer día en caso de necesidad de uso, sin embargo, como se le ha explicado se mantendrán codificados y exclusivamente los conocerá el investigador principal.

### **PROTECCIÓN DE DATOS Y CONFIDENCIALIDAD**

Según la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) se garantiza que el participante tendrá poder de control sobre sus datos personales teniendo derecho de acceso, rectificación, cancelación y oposición. Los datos personales que se le requieren (sexo, edad, etc.) son los necesarios para realizar el estudio correctamente.

### **PERSONA DE CONTACTO**

En caso de duda o necesidad pueden contactar con el investigador principal del estudio a través del número de teléfono y/o correo electrónico que se indica a continuación.

**Teléfono:** XXXXXXXXX

**E-mail:** -----

## 9.2 ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.

### *Carta de Consentimiento Informado.*

Nombre del participante:.....DNI:.....

El participante arriba mencionado DECLARA:

1. He sido invitado a participar en el estudio “Efectividad de la Movilización Neuromeníngea en la influencia de la fatigabilidad del cuádriceps en deportistas de alto rendimiento. Ensayo clínico Aleatorizado (ECA).”
2. He leído y comprendo la información proporcionada. He podido plantear mis dudas y se han contestado satisfactoriamente. Además, se me ha proporcionado un contacto por si me surgiesen dudas más tardes. Se me ha explicado extensamente el propósito del estudio, los procedimientos y lo que se espera que haga, así como los inconvenientes de participar en el mismo.
3. También comprendo que, en cualquier momento, y sin necesidad de dar explicaciones, puedo retirarme del estudio sin ninguna repercusión, revocando este consentimiento.
4. Mis datos serán tratados confidencialmente y de modo anónimo, y no se usaran para ningún propósito fuera de los de esta investigación.

En la fecha.....de.....del año 20.....

**Firma del investigador**

**Firma del participante**

### 9.3 ANEXO 3: CUESTIONARIO PARA LOS PARTICIPANTES.

#### DATOS BÁSICOS PERSONALES

Nombre del participante:.....DNI:.....

Edad:..... Sexo: Masculino ☐ Femenino ☐

Correo electrónico:.....Teléfono móvil:.....

Localidad:.....Provincia:.....

Lugar de nacimiento:.....

#### DATOS BÁSICOS ACTIVIDAD DEPORTIVA

Equipo.....Categoría:.....

¿Cuántos años lleva compitiendo en Fútbol sala?.....

¿Es ésta su primera temporada en el equipo? Sí ☐ No ☐

En caso negativo, indique cuántas temporadas lleva en el equipo (contando la actual).....

En caso afirmativo, indique en que categoría competía las dos antiguas temporadas con su anterior equipo.....

¿En qué posición juega? Si es en varias indique la más habitual.....

¿Cuál es su pierna dominante, “pierna buena”? Derecha ☐ Izquierda ☐

(\*Entiéndase, la pierna con la que chutaría a portería como primera opción)

Número de sesiones (contando partidos de competición) dedica a la semana a la práctica del fútbol sala..... Duración aprox. cada una.....

¿Cuántos días de descanso completo deportivo realiza a la semana?.....

¿Realiza algún método de relajación muscular o para disminuir la fatiga? Sí ☐ No ☐

En caso afirmativo, especificar cuál y frecuencia del mismo.....

¿Realiza alguna otra práctica deportiva o ejercicio físico a parte del Fútbol Sala? Sí ☐ No ☐

En caso afirmativo, especificar cuál y dosificación semanal de la misma.....

.....

#### HISTORIA CLINICA

¿Ha sufrido alguna lesión? Sí ☐ No ☐

En caso afirmativo especificar cuál y fecha (aprox.) de la/s misma/s

.....

Intervenciones quirúrgicas.....

¿Actualmente siente algún tipo de dolor o molestias en la práctica deportiva? Sí ☐ No ☐

En caso afirmativo especificar dónde y desde cuándo (aprox.)

.....

¿Ha recibido algún tratamiento en los Miembros inferiores en los últimos 3 meses? Sí ☐ No ☐

¿Para la práctica deportiva, utiliza algún tipo de ortopedia? Por ej. Plantilla, venda compresiva.

Sí ☐ No ☐ En caso afirmativo especificar cual/es.....

¿Ha sufrido últimamente mareos y/o dolores de cabeza? Sí ☐ No ☐

¿Qué número de horas de sueño componen su descanso nocturno?.....

¿Realiza siesta? Sí ☐ No ☐. En caso afirmativo especificar duración aprox. ....

¿Con qué frecuencia? Diaria ☐ Casi siempre ☐ Algunas veces ☐

¿Sigue algún tipo de dieta alimentaria actualmente? Sí ☐ No ☐

En caso afirmativo especificar cual.....

¿Después de la práctica deportiva, consume algún alimento en concreto o complemento nutricional?  
Sí ☐ No ☐. En caso afirmativo especificar cual/es.....

¿Cuántos litros de agua suele consumir al día aprox.?.....

¿Es o ha sido fumador? Si ☐ No ☐

¿Consume alcohol? Si ☐ No ☐ En caso afirmativo, ¿más de una vez a la semana?.....

## **MEDIDAS CORPORALES**

Talla:.....Peso:.....IMC:.....

Asimetría Miembros inferiores: Si ☐ No ☐

**INTEGRANTE DEL GRUPO:** A ☐ B ☐



## 9.4 ANEXO 4: CUADERNO DE RECOGIDA DE DATOS.

### • Día \_\_\_\_

#### VALORACIÓN EN SALA:

- **1º Valoración Goniometría (ROM)**  
Medida:.....cm
- **1º Valoración Volumen muscular – hinchazón (Cinta métrica)**  
Medida pierna dcha:  
Medida pierna izq:
- **1º Valoración Dolor**
  - ❖ Al hacer sentadilla (EVA):...../10 Dcha;...../10 Izq.
  - ❖ Algometría: Dime cuándo empieza a doler.
    - A. Vientre:.....N Dcha;.....N Izq.
    - B. Unión M-T:.....N Dcha;.....N Izq.
- **1º Valoración Fuerza:**  
1º medida:.....N; 2º medida:.....N; 3º medida:.....N
- **1º Valoración Electromiográfica:**  
Filename:.....
  - 1º Valoración Amplitudes  
1º medida:.....; 2º medida:.....; 3º medida:.....
  - 1º Valoración Frecuencia  
1º medida:.....; 2º medida:.....; 3º medida:.....

#### VALORACIÓN FUNCIONAL EN CAMPO:

- **1º Vertical Jump:**  
1º Intento.....cm. -30s- 2º Intento.....cm.
- **1º Salto Horizontal ONE LEG HOP:**  
1º Intento.....cm. -30s- 2º Intento.....cm.
- **1º Sprint 20 + 20 m:**.....s

#### TEST DE FATIGA

- Temperatura ambiente:
- F. Cardíaca:
- CR-10 SCALE BORG:
  - Durante el entreno:.....20 min.....50 min
  - Final del entreno:.....X min

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN (POST) FUNCIONAL EN CAMPO:

- **2º Vertical Jump:**  
1º Intento.....cm. -30s- 2º Intento.....cm.
- **2º Salto Horizontal ONE LEG HOP:**  
1º Intento.....cm. -30s- 2º Intento.....cm.
- **2º Sprint 20 + 20 m:**.....s

VALORACIÓN (POST) EN SALA

- **2º Valoración Goniometría (ROM):**  
Medida:.....cm
- **2º Valoración Volumen muscular – hinchazón (Cinta métrica)**  
Medida pierna dcha:  
Medida pierna izq:
- **2º Valoración Dolor**
  - ❖ Al hacer sentadilla (EVA):...../10 Dcha;...../10 Izq.
  - ❖ Algometría: Dime cuándo empieza a doler.
    - A. Vientre:.....N Dcha;.....N Izq.
    - B. Unión M-T:.....N Dcha;.....N Izq.
- **2º Valoración Fuerza:**  
1º medida:.....N; 2º medida:.....N; 3º medida:.....N
- **2º Valoración Electromiográfica:**  
Filename:.....
  - 1º Valoración Amplitudes  
1º medida:.....; 2º medida:.....; 3º medida:.....
  - 1º Valoración Frecuencia  
1º medida:.....; 2º medida:.....; 3º medida:.....

## 9.5 ANEXO 5: Cuestionario POMS-SF. Andrade et al. 2013.

Los números se refieren a las siguientes expresiones:

0 = Nada 1 = Un poco 2 = Moderado 3 = Mucho 4 = Muchísimo

TENSIÓN		CÓLERA	
1) Agitado	0 1 2 3 4	16) Enfadado	0 1 2 3 4
2) Nervioso	0 1 2 3 4	17) Malhumorado	0 1 2 3 4
3) Con los nervios	0 1 2 3 4	18) Irritable	0 1 2 3 4
4) Tenso	0 1 2 3 4	19) Molesto	0 1 2 3 4
5) Inquieto	0 1 2 3 4	20) Resentido	0 1 2 3 4
ESTADO DEPRIMIDO		AMISTAD	
6) Infeliz	0 1 2 3 4	21) Amable	0 1 2 3 4
7) Desesperanzado	0 1 2 3 4	22) Comprensivo	0 1 2 3 4
8) Triste	0 1 2 3 4	23) Servicial	0 1 2 3 4
9) Melancólico	0 1 2 3 4	24) Amistoso	0 1 2 3 4
10) Solo	0 1 2 3 4	25) Considerado	0 1 2 3 4
FATIGA		VIGOR	
11) Agotado	0 1 2 3 4	26) Lleno de energía	0 1 2 3 4
12) Fatigado	0 1 2 3 4	27) Enérgico	0 1 2 3 4
13) Cansado	0 1 2 3 4	28) Activo	0 1 2 3 4
14) Débil	0 1 2 3 4	29) Animado	0 1 2 3 4
15) Exhasuto	0 1 2 3 4	30) Vigoroso	0 1 2 3 4
<b>TENSIÓN:</b> <b>ESTADO DEPRIMIDO:</b> <b>FATIGA:</b> <b>CÓLERA:</b> <b>AMISTAD:</b> <b>VIGOR:</b>		<b>TOTAL:</b>	

## 9.6 ANEXO 6: Escala CR-10. Modificación de Foster.

Puntuación	Descripción del esfuerzo
0	Nada en absoluto
1	Muy muy débil
2	Débil
3	Moderado
4	Algo fuerte
5	Fuerte
6	
7	muy fuerte
8	
9	Extremadamente fuerte
10	Máximo